



Faculté de  
Chirurgie  
Dentaire  
UNIVERSITÉ DE LILLE



Université  
de Lille

**UNIVERSITE DU DROIT ET DE LA SANTE DE LILLE 2**

**FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE**

[Année de soutenance : 2018]

N° :

**THESE**

pour le

**DIPLOME D'ETAT**

**DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE**

Présentée et soutenue publiquement le Lundi 18 Juin 2018

Par DE LA OSA Amaury

Né le 15 MAI 1992 à Grande-Synthe - FRANCE

**LES TENONS ANATOMIQUES FASCICULES : UN NOUVEAU  
MOYEN D'ANCRAGE RADICULAIRE**

**JURY**

Président : Monsieur le Professeur Etienne DEVEAUX

Assesseurs : Monsieur le Docteur Marc LINEZ

Monsieur le Docteur Thibault BECAVIN

Madame le Docteur Laurence LESIEUR

Président de l'Université	:	Pr. J-C. CAMART
Directeur Général des Services de l'Université	:	P-M. ROBERT
Doyen	:	Pr. E. DEVEAUX
Vice-Doyens	:	Dr. E. BOCQUET, Dr. L. NAWROCKI et Pr. G. PENEL
Responsable des Services	:	S. NEDELEC
Responsable de la Scolarité	:	M.DROPSIT

## **PERSONNEL ENSEIGNANT DE L'U.F.R.**

### **PROFESSEURS DES UNIVERSITES :**

P. BEHIN	Prothèses
T. COLARD	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
E. DELCOURT-DEBRUYNE	Professeur Emérite Parodontologie
E. DEVEAUX	Dentisterie Restauratrice Endodontie <b>Doyen de la Faculté</b>
<b>G. PENEL</b>	Responsable du Département de <b>Biologie Orale</b>

## **MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES**

<b>T. BECAVIN</b>	Responsable du Département de <b>Dentisterie Restauratrice Endodontie</b>
A. BLAIZOT	Prévention, Epidémiologie, Economie de la Santé, Odontologie Légale.
<b>F. BOSCHIN</b>	Responsable du Département de <b>Parodontologie</b>
<b>E. BOCQUET</b>	Responsable du Département d' <b>Orthopédie Dento-Faciale</b>
<b>C. CATTEAU</b>	Responsable du Département de <b>Prévention, Epidémiologie, Economie de la Santé, Odontologie Légale.</b>
A. de BROUCKER	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
T. DELCAMBRE	Prothèses
<b>C. DELFOSSE</b>	Responsable du Département d' <b>Odontologie Pédiatrique</b>
F. DESCAMP	Prothèses
A. GAMBIEZ	Dentisterie Restauratrice Endodontie
F. GRAUX	Prothèses
P. HILDEBERT	Dentisterie Restauratrice Endodontie
<b>J.M. LANGLOIS</b>	Responsable du Département de <b>Chirurgie Orale</b>
C. LEFEVRE	Prothèses
J.L. LEGER	Orthopédie Dento-Faciale
M. LINEZ	Dentisterie Restauratrice Endodontie
G. MAYER	Prothèses
L. NAWROCKI	Chirurgie Orale Chef du Service d'Odontologie A. Caumartin - CHRU Lille
C. OLEJNIK	<b>Biologie Orale</b>
P. ROCHER	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
L.ROBBERECHT	Dentisterie Restauratrice Endodontie
<b>M. SAVIGNAT</b>	Responsable du Département des <b>Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux</b>
T. TRENTESAUX	Odontologie Pédiatrique
<b>J. VANDOMME</b>	Responsable du Département de <b>Prothèses</b>

### ***Réglementation de présentation du mémoire de Thèse***

Par délibération en date du 29 octobre 1998, le Conseil de la Faculté de Chirurgie Dentaire de l'Université de Lille 2 a décidé que les opinions émises dans le contenu et les dédicaces des mémoires soutenus devant jury doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'ainsi aucune approbation, ni improbation ne leur est donnée.

**Aux membres du jury,**

## **Monsieur le Professeur Etienne DEVEAUX**

**Professeur des Universités – Praticien Hospitalier des CSERD**

*Département de Dentisterie Restauratrice Endodontie*

Docteur en Chirurgie Dentaire

Docteur en Sciences Odontologiques

Docteur en Odontologie de l'Université de Lille 2

Habilité à Diriger des Recherches

Membre associé national de l'Académie Nationale de Chirurgie Dentaire

Responsable de la Sous-section de Dentisterie Restauratrice Endodontie

Responsable de l'Unité Fonctionnelle de Dentisterie Restauratrice Endodontie

Responsable des Relations Internationales de la Faculté de Chirurgie Dentaire de Lille

Personne Compétente en Radioprotection

Ancien Président de la Société Française d'Endodontie.

Doyen de la Faculté de Chirurgie Dentaire de Lille.

*Je suis très sensible à l'honneur que vous me faites en acceptant la présidence de ce jury. Soyez assuré de ma sincère reconnaissance et veuillez trouver ici l'expression de mon profond respect pour votre rigueur, la généreuse transmission de votre savoir et la qualité de votre enseignement*

**Monsieur le Docteur Marc LINEZ**

**Maître de Conférences des Universités – Praticien Hospitalier des CSERD**

*Département de Dentisterie Restauratrice Endodontie*

Docteur en Chirurgie Dentaire

Maîtrise de Sciences de la Vie et de la Santé.

DEA de Sciences de la Vie et de la Santé, option Microbiologie.

*Vous avez accepté, sans hésitation, et ce, avec un emploi du temps très chargé, de diriger cette thèse. Merci infiniment pour cette confiance accordée. Je tiens à vous remercier pour nos nombreux échanges qui m'ont permis de m'éclairer et d'avancer dans ce travail. Soyez assuré de ma sincère reconnaissance et de mon profond respect.*

**Monsieur le Docteur Thibault BECAVIN**

**Maître de Conférences des Universités-Praticien Hospitalier des CSERD**

*Département de Dentisterie Restauratrice Endodontie*

Praticien Hospitalier, Service d'Odontologie du CHRU de Lille

Docteur en Chirurgie Dentaire

Docteur en Odontologie de l'Université de Lille 2

Master I Informatique Médicale – Lille 2

Master II Biologie et Santé – Lille 2

Responsable du département de Dentisterie Restauratrice Endodontie

*Je vous remercie sincèrement de me faire  
l'honneur de siéger dans ce jury. Je tiens à vous  
remercier particulièrement pour mes vacations  
cliniques passées à vos côtés en D5.  
Soyez assuré de mon profond respect et de ma  
sincère reconnaissance.*

**Madame le Docteur Laurence LESIEUR**

Assistante Hospitalo-Universitaire des CSERD

*Département de Dentisterie Restauratrice Endodontie*

Docteur en Chirurgie Dentaire

C.E.S d'Odontologie Conservatrice et Endodontie – Lille 2

*Je vous remercie sincèrement de m'avoir fait  
l'honneur de faire partie de mon jury de  
thèse. Après avoir beaucoup apprécié  
l'année passée à vos côtés en clinique du  
sourire lors de ma T1, je tiens à vous  
exprimer tout mon profond respect et ma  
sincère reconnaissance.*







## Table des matières

<b>Introduction .....</b>	<b>13</b>
<b>I. L’ancrage radicaire, aspects et principes généraux .....</b>	<b>14</b>
<b>I.1 Généralités .....</b>	<b>14</b>
I.1.1 Définitions.....	14
I.1.2 Historique.....	14
I.1.3 Types de reconstitutions corono-radicales.....	16
<b>I.2 Contexte de la dent dépulpée .....</b>	<b>17</b>
I.2.1 Le traitement endodontique fragilise-t-il la dent ?.....	17
I.2.2 Etat de la dent dépulpée.....	18
I.2.2.1 Modifications biomécaniques .....	18
I.2.2.2 Modifications biochimiques .....	19
I.2.3 Stratégies thérapeutiques de la dent dépulpée.....	20
<b>I.3 Restauration à l’aide d’un ancrage radicaire .....</b>	<b>23</b>
I.3.1 Objectifs .....	23
I.3.2 Analyse de la situation .....	24
I.3.2.1 Situation des limites cervicales.....	24
I.3.2.2 Importance du traitement endodontique .....	24
I.3.2.3 Importance de l’anatomie radicaire .....	25
I.3.2.3.1 Section Transversale .....	25
I.3.2.3.2 Configuration spatiale .....	26
I.3.2.4 Contexte occlusal.....	28
I.3.2.5 Contexte parodontal.....	29
I.3.3 Critères de choix des RCR.....	30
I.3.4 Apport de l’effet de sertissage ou effet ferrule .....	30
I.3.5 Incidence du tenon sur la racine .....	31
<b>I.4 Evolution des concepts de tenons radicaux .....</b>	<b>33</b>
I.4.1 Concept du tenon actif [70].....	34
I.4.2 Le tenon passif ou flottant .....	38
I.4.3 La Reconstitution dite anatomique.....	39
<b>II. Les systèmes de reconstitution corono-radicaire par composite à tenon fibré (RMIPP)</b>	<b>41</b>
<b>II.1 Principes généraux .....</b>	<b>42</b>
<b>II.2 Indications et contre-indications .....</b>	<b>42</b>
<b>II.3 Les matériaux d’assemblage d’une RMIPP .....</b>	<b>43</b>
II.3.1 Les résines composites.....	43
II.3.1.1 Définition .....	43
II.3.1.2 Composition [86] .....	43
II.3.2 Le tenon fibré [47] .....	45
II.3.3 Protocole de collage d’une RMIPP avec maître-tenon [8] [82] .....	46
<b>III. Les tenons anatomiques fasciculés, une solution innovante .....</b>	<b>48</b>
<b>III.1 Description .....</b>	<b>48</b>
III.1.1 Le Tenon.....	49
III.1.2 Le Rebuilda Post GT system® (VOCO) .....	50
III.1.3 Le Biolight PLUS® (BioComposants Médicaux, (BCM)) .....	54
<b>III.2 Propriétés physico-chimiques .....</b>	<b>55</b>
III.2.1 Composition .....	55
III.2.2 Radio-opacité .....	56

III.2.3 Translucidité.....	57
III.2.4 Module d'élasticité .....	57
III.2.5 Tests expérimentaux.....	58
III.2.5.1 Analyse 3D du comportement mécanique .....	58
III.2.5.2 Test de résistance à la Flexion [11].....	61
III.2.5.3 Test de résistance à la Fatigue [11] .....	62
III.2.5.4 Test de Rétention [11] .....	63
<b>III.3 Pourquoi utiliser les tenons anatomiques fasciculés ? .....</b>	<b>66</b>
<b>III.4 Précautions d'emploi .....</b>	<b>67</b>
<b>III.5 Protocole d'utilisation [10] [85] .....</b>	<b>68</b>
<b>III.6 Quel avenir pour ces solutions fibrées ? .....</b>	<b>79</b>
<b>Conclusion .....</b>	<b>80</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>81</b>
<b>TABLE DES ILLUSTRATIONS .....</b>	<b>88</b>
<b>Figures.....</b>	<b>88</b>
<b>Tableaux.....</b>	<b>90</b>

# Introduction

Qu'elle soit d'origine carieuse ou non, la **perte de tissus** de l'organe dentaire entraîne des **modifications** morphologiques, fonctionnelles et esthétiques. Le défi clinique qui s'impose alors est de **restaurer l'architecture** dentaire perdue en préservant au maximum l'intégrité tissulaire.

Lorsqu'un traitement endodontique apparaît comme inévitable, **un recours secondaire** à un **ancrage radiculaire** reste encore trop fréquent. Une meilleure connaissance de la dent déulpée et une approche biomimétique de celle-ci doit nous orienter maintenant vers des restaurations partielles collées comme solution thérapeutique principale. Néanmoins, le chirurgien-dentiste se trouve couramment confronté à des situations présentant une perte de volume tissulaire importante, où l'utilisation d'un ancrage corono-radiculaire devient incontournable.

Depuis l'avènement de la dentisterie restauratrice adhésive, les reconstitutions corono-radiculaires par matériau inséré en phase plastique (**RMIPP**) en **technique adhésive**, sont considérées aujourd'hui comme une alternative intéressante à l'utilisation trop souvent systématisée des reconstitutions corono-radiculaires (RCR) coulées de type « inlay-core ». Les RMIPP se veulent plus respectueuses sur le plan biologique, moins mutilantes, et permettent des réhabilitations fiables et durables.

L'**évolution** du concept du tenon est constante, tant sur le plan de ses indications et de ses techniques de mise en œuvre que sur le plan de son architecture. C'est dans cette optique qu'un nouveau concept utilisant plusieurs **micro-tenons fasciculés** est commercialisé depuis 2017. Il pourrait permettre d'obtenir un moyen d'ancrage radiculaire permettant de mieux répondre aux exigences biomécaniques.

Ainsi, l'objectif de cette thèse est de faire le point sur l'intérêt de cette technique, mais aussi d'argumenter et d'expliquer les principes généraux qui régissent de la pose d'un ancrage. La solution exposée dans cette thèse découle d'une évolution des concepts liés aux tenons radiculaires et de nos connaissances en matière de RCR collée par tenon fibré.

# I. L'ancrage radicaire, aspects et principes généraux

## I.1 Généralités

### I.1.1 Définitions

L'Académie Nationale de Chirurgie Dentaire définit dans un rapport [2] :

- La reconstitution corono-radicaire (abrégée RCR) comme « toute reconstitution qui intéresse à la fois les portions coronaire et radicaire de la dent. Elle concerne toujours une reconstitution complexe qui, pour assurer sa rétention, s'adresse à des ancrages radiculaires et/ ou dentinaires ».
- L'ancrage radicaire comme une « extension de l'obturation coronaire dans un canal traité, destinée à en augmenter la rétention, lorsque les parois résiduelles de la dent sont insuffisantes ».

### I.1.2 Historique

Les premières publications autour des ancrages radiculaires datent du XVIIIème siècle. En 1728, Pierre Fauchard aborde dans son œuvre Le Chirurgien Dentiste Ou Traité des Dents, le recours à un pivot métallique dentelé sur toute sa surface (Figure 1). Ce pivot qu'il appelle « tenon », **vissé** dans la racine de la dent restaurée, permettait de supporter une prothèse de grande étendue, type bridge, dans laquelle des filaments d'or passaient par plusieurs pertuis au niveau des dents prothétiques.

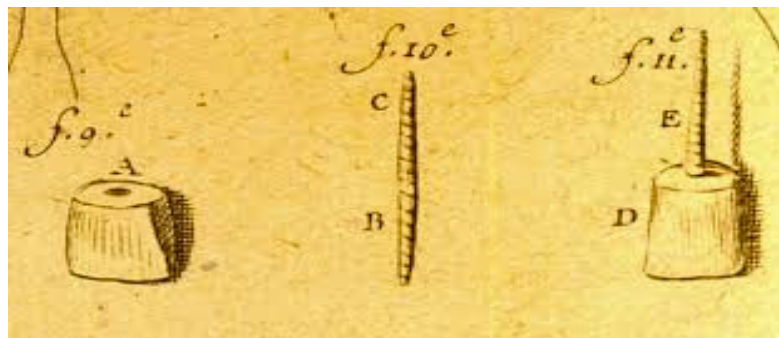


Figure 1. Illustration d'une dent à tenon en 1728 par le Docteur Pierre Fauchard [28]

Son homologue français, Claude Mouton, s'intéresse de près à ce système. Dix-huit ans plus tard, il stipule dans son Œuvre, *Essay d'Odontotechnie, ou dissertation sur les dents artificielles*, que « de toutes les dents artificielles, les dents à tenon sont les plus solides ». Au début en **or** ou en **argent**, ces pivots ont évolué en **bois**, plus facilement façonnables. Des années 1830 à 1870, il fut le matériau de choix.

En 1871, Harris Chapin recommande, dans une publication, l'utilisation d'un pivot en bois inséré dans une couronne artificielle. Mais certains dentistes ont signalé que l'utilisation de pivots en métal recommandés par Black en 1869 engendre de meilleurs résultats. Le bois se dilate dans l'environnement buccal et de nombreuses fractures apparaissent.

En 1878, la couronne Richmond apparaît. Il s'agit d'une couronne d'un seul tenant composée d'un tenon et d'une incrustation vestibulaire en porcelaine, destinée à servir d'élément de rétention de bridge [28].

Devenu élément prothétique unitaire par la suite, son utilisation est aujourd'hui limitée aux articulés serrés.

Dans le même registre, en 1911, la couronne de Davis est introduite. De nombreuses améliorations comme l'interposition d'une fonte d'or entre la racine et la prothèse permettent d'améliorer l'adaptation marginale. Néanmoins, le concept reste toujours basé sur une structure prothétique monobloc.

Durant les années 1930, un **changement de paradigme** s'opère. Les systèmes de faux-moignons se développent. La couronne prothétique se dissocie de l'environnement radiculaire. L'adaptation marginale est une nouvelle fois améliorée et l'axe d'insertion prothétique changé. C'est l'âge d'or des amalgames à tenon et autres reconstitutions corono-radiculaires anatomiques coulées appelées inlay-core. En 1955, Buonocore développe et améliore les méthodes de restauration par composite basées sur les techniques adhésives. C'est à partir de ces avancées, dans le domaine de l'adhésion, que l'intérêt de la profession se porte sur de nouveaux biomatériaux.

L'utilisation de **reconstitutions corono-radiculaires fibrées** commence véritablement en 1983 avec Lovell. L'histoire progresse avec Duret et Reynaud, qui en 1988, développent le système de Composipost<sup>®</sup>, qui incorpore des fibres de carbone dans une matrice de résine époxy [30].

L'introduction des tenons fibrés provoque une **révolution** dans le domaine de la dentisterie, fournissant une alternative aux tenons métalliques coulés ou préfabriqués. Ces moyens d'ancrages ont gagné en popularité, car ils sont plus facilement manipulables et dotés de propriétés mécaniques et esthétiques supérieures. **Le premier tenon fibré**, noir, à base de fibre de carbone, lui confère alors un faible niveau esthétique. Des tenons plus esthétiques utilisant le quartz et les fibres de verre sont introduits pour surmonter ce problème, tout en étant incorporés dans une base résine. Ces tenons fibrés, blancs ou translucides, sont plus favorables aux restaurations avec des exigences esthétiques élevées.

De nombreuses **innovations** dont notamment la forme, la composition, le mode opératoire montrent que l'engouement pour ces solutions d'ancrage doit s'opérer. En parallèle, leur fiabilité ne cesse de s'améliorer. Leur place au sein de la Dentisterie adhésive est néanmoins contrastée avec le développement du Concept de Biomimétique du docteur Pascal Magne. « No Post, No Crown Dentistry » est, sans nul doute, l'évolution ultime quant à la restauration de la dent dépulpée [58].

### **I.1.3 Types de reconstitutions corono-radiculaires**

Deux types peuvent être distinguées :

- les reconstitutions corono-radiculaires **directes** : ce sont les reconstitutions « foulées » scellées ou collées. Elles sont réalisées par le praticien lui-même au cours de la séance. Elles utilisent des matériaux comme le composite, soutenues par un moyen d'ancrage. Il s'agit de la Reconstitution par un Matériau Insérée en Phase Plastique ou **RMIPP**. L'amalgame à tenon et le composite à tenon en font partie. Les **reconstitutions corono-radiculaires fibro-architecturées utilisant des micro-tenons fasciculés** en font également partie.
- les reconstitutions corono-radiculaires **indirectes** : ce sont les reconstitutions « coulées » scellées ou collées. Elles nécessitent deux séances au fauteuil en raison d'une séance de confection en laboratoire. Elles sont généralement métalliques (alliages précieux ou non précieux) ou en céramique. On y distingue l'inlay-core métallique



et l'inlay-core tout céramique. Il existe un cas particulier, l'inlay-core en composite renforcé par des fibres (FRC), qui rend obligatoire un protocole de collage.

## **I.2 Contexte de la dent dépulpée**

### **I.2.1 Le traitement endodontique fragilise-t-il la dent ?**

La première étape de la restauration passe par le traitement endo-canalair. Celui-ci tient un triple-objectif :

- permettre de neutraliser tous les tissus organiques ainsi que toute la flore bactérienne,
- prévenir la recolonisation bactérienne par la réalisation d'une obturation tridimensionnelle étanche,
- ne pas diminuer la valeur intrinsèque de la dent.

Pendant l'instrumentation, le canal radiculaire est agrandi de part la mise en forme de l'entrée canalair, et d'autre part, par le contact entre les instruments et les parois dentinaires. Il convient alors de penser que ses pertes de substance auront un impact sur la dent dépulpée, lui conférant une image de dent affaiblie et cassante [41].

Néanmoins, d'après REEH et coll., la perte de résistance mécanique consécutive au traitement endodontique est de 5 %, selon une mise en forme simple de la cavité d'accès [70].

De plus, d'autres auteurs stipulent que la fragilisation de la dent dépend de la structure coronaire résiduelle par la carie, de la surpréparation endo-canalair ainsi que du système d'ancrage utilisé lors de la réhabilitation prothétique [6] [18] [35] [59].

En conclusion, d'autres facteurs que la dévitalisation peuvent entraîner la fragilisation de la structure dentaire.

## I.2.2 Etat de la dent dépulpée

### I.2.2.1 Modifications biomécaniques

La fragilisation de la structure dentaire repose en grande partie sur la perte tissulaire faisant suite au curetage carieux et autres préparations cavitaires et endocanalaire. Ces étapes, jusqu'à la pose de l'ancrage radiculaire, entraînent des **modifications biomécaniques** de la structure dentaire [81].

En 1989, Reeh et coll. démontre que la préparation de la cavité occlusale affecte cependant la rigidité de la dent de l'ordre de 20%. La plus grande **perte de rigidité** a été rapportée pour l'élimination de l'intégrité du bord marginal (Figure 2). La préparation de la cavité MOD cause une perte moyenne de 63% de la résistance de la dent. La perte d'un seul bord marginal impacte 45% de la rigidité de la dent [6] [71].

La profondeur de la cavité et la largeur de l'isthme sont alors des facteurs critiques dans la détermination de la perte de rigidité dentaire. Cette perte tissulaire augmente le **risque de fracture** [26].

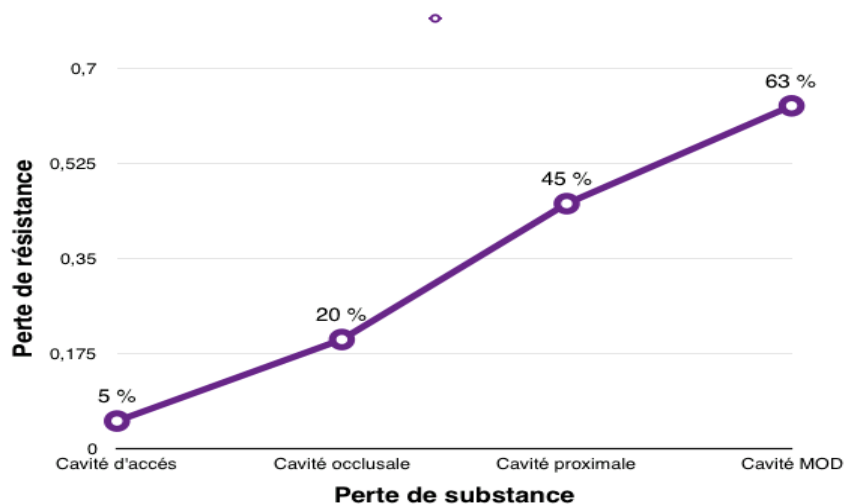


Figure 2. Perte de résistance des dents traitées endodontiquement en fonction de la perte tissulaire ( illustration personnelle selon l'étude de Reeh et coll. [71] )

Pour Sedgley et Messer, les propriétés mécaniques des dents traitées

endodontiquement ne révèlent pas de modification significative du module d'élasticité, ni de la dureté de la dentine [76].

L'étude de Panitvisai et Messer en 1995 met en évidence l'impact des forces occlusales sur ces dents fragilisées. Soumis à une charge occlusale de 100 N, le déplacement cuspidien latéral a été enregistré par des dispositifs de mesure linéaire à l'échelle du micron. Le résultat de cette étude montre que la déflexion cuspidienne, dépendante des contraintes occlusales, participe à la **fragilisation** de la structure dentaire [62].

Une attention particulière devra donc être apportée à la préparation cavitaire. La préparation endocanalaire n'induit qu'une perte tissulaire minimale si les procédures opératoires sont respectées [46].

### **I.2.2.2 Modifications biochimiques**

La dentine se compose de 70% de minéraux (sous forme de cristaux d'hydroxyapatite), 20% de matrice organique (sous forme de fibres de collagènes, de protéines non-collagéniques, de phosphoprotéines et de protéoglycanes) et de 10% d'eau. Elle possède une structure tubulaire comprenant de la dentine péritubulaire tapissant l'intérieur des tubulis et de la dentine intratubulaire à l'intérieur des tubules.

L'étude de Dietshi et coll. en 2007 montre une diminution de la teneur en eau de la dentine faisant suite au traitement endodontique. Pourtant les résistances à la compression et à la traction restent inchangées. Seul le module d'élasticité de Young diminue, sans pour autant modifier véritablement les propriétés intrinsèques de la dent [26].

La dureté Vickers de la dentine de la dent pulpée est comparable à celle de la dent dépulpée, 5 à 10 ans après le traitement endodontique selon Lewinstein et Grajower [53].

Plusieurs études démontrent des différences coronaires et radiculaires dans le potentiel d'adhésion des matériaux dentaires à la dentine. En effet, au niveau de la matrice organique de la dentine, l'orientation des fibres de collagène diffère entre sa portion coronaire et radiculaire. Au niveau radiculaire, la densité et le diamètre des tubules diminuent. La dentine coronaire contient deux fois plus de tubulis que la

dentine radulaire. Ce type d'architecture est susceptible de modifier le potentiel d'adhésion [24] [61].

L'action de certains matériaux endodontiques est également évoquée pour l'affaiblissement de la structure dentaire ; L'utilisation prolongée de l'Hydroxyde de Calcium (CaOH<sub>2</sub>) diminue significativement la résistance mécanique de la dentine [12] [42] [55].

D'autres produits tels que l'EDTA, l'hypochlorite de sodium, l'eugénol et la chlorhexidine, n'induisent pas de modification significative de la structure dentinaire influençant sa perte de résistance [24].

L'exérèse du tissu pulpaire entraîne une **détérioration** du système de rétroaction neurosensorielle de la dent. Cela semble réduire la protection de la dent traitée endodontiquement contre les forces masticatoires.

L'étude de Randow sur la proprioception d'une dent dépulée révèle une diminution de la sensibilité, consciente ou non [68]. En cas de surcharge occlusale, la dent est plus exposée. Le patient ressent moins les contraintes liées aux forces occlusales, ce qui augmente le risque de fracture [24].

Il existe une perméabilité dentinaire. Lors des dépulpations ou des exérèses pulpaires, il se produit une coloration dite fâcheuse car la dent va griser, jaunir. Cela est dû à l'extravasation sanguine qui résulte de l'hémorragie qui se produit au moment de la pulpectomie. Des pigments présents dans le sang passent dans les canalicules, où ils ne seront pas résorbés comme dans un autre tissu conjonctif. La coloration peut être prononcée et nécessite l'utilisation de techniques d'éclaircissement.

### **I.2.3 Stratégies thérapeutiques de la dent dépulée**

La mise en place du choix thérapeutique de la dent dépulée sera donc guidée principalement par sa perte de substance (Figure 3). Les options possibles sont illustrées ci-après :

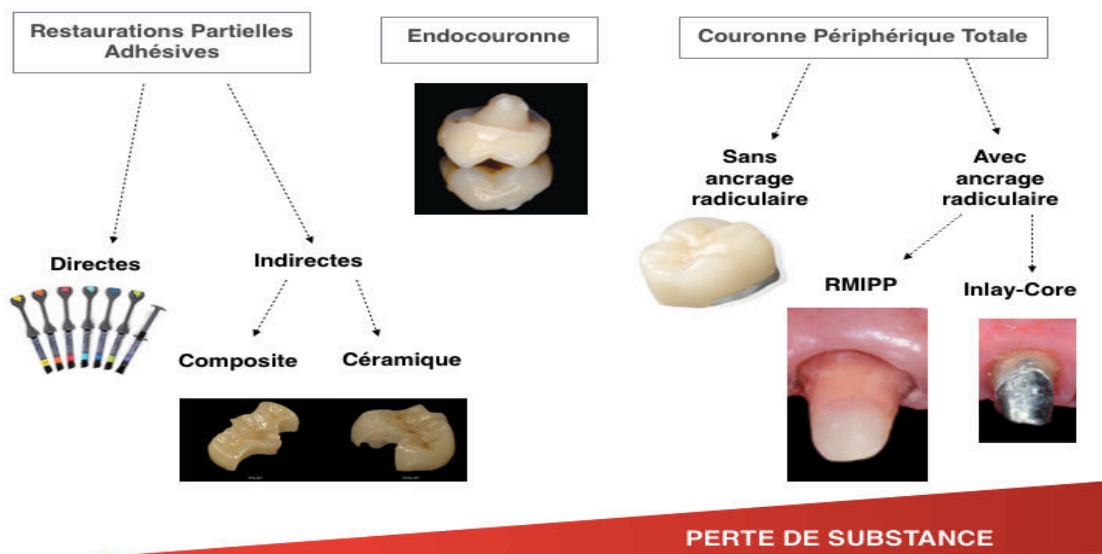


Figure 3. Choix thérapeutiques de la dent dépulpée en fonction de sa perte de substance (illustration personnelle)

Selon Aboudharam et Laurent, le nombre, la hauteur ainsi que de l'épaisseur des parois résiduelles permettent de déterminer le type de reconstitution à réaliser [1].

Selon ce modèle simplifié (Tableau 1), les auteurs déterminent les indications des reconstitutions corono-radicales en méthode directe et en méthode indirecte.

Tableau 1. Indication du type de reconstitution corono radulaire en fonction des parois résiduelles de la dent (illustration inspirée de l'article d'Aboudharam et Laurent [1])

	4	3	2	1	0
Nombre de parois	4	3	2	1	0
Hauteur des parois	totale	1 / 3	2 / 3	0	
Epaisseur des parois	>1mm	<1mm			

Reconstitutions indirectes

Reconstitutions directes

En 2008, Dietschi expose des recommandations **plus conservatrices** quant à la restauration de la dent dépulpée. Le **principe d'économie tissulaire** guide sa démarche. La restauration de la dent dépulpée s'opère donc par la technique la

moins mutilante possible. Un schéma décisionnel est alors établi selon les concepts actuels de préparation, et également, selon les techniques modernes de la dentisterie adhésive (Figure 4) [27]. Il s'appuie notamment sur la Classification Si/Sta des lésions carieuses de Lasfargues [50]. Cette classification repose sur celle proposée par Mount et Hume en 1997. Cependant, elle se veut plus complète en tenant compte de l'évolution histologique de la lésion. Elle repose sur 3 principes : le principe d'économie tissulaire, le principe d'adhésion et le principe de bio-intégration.

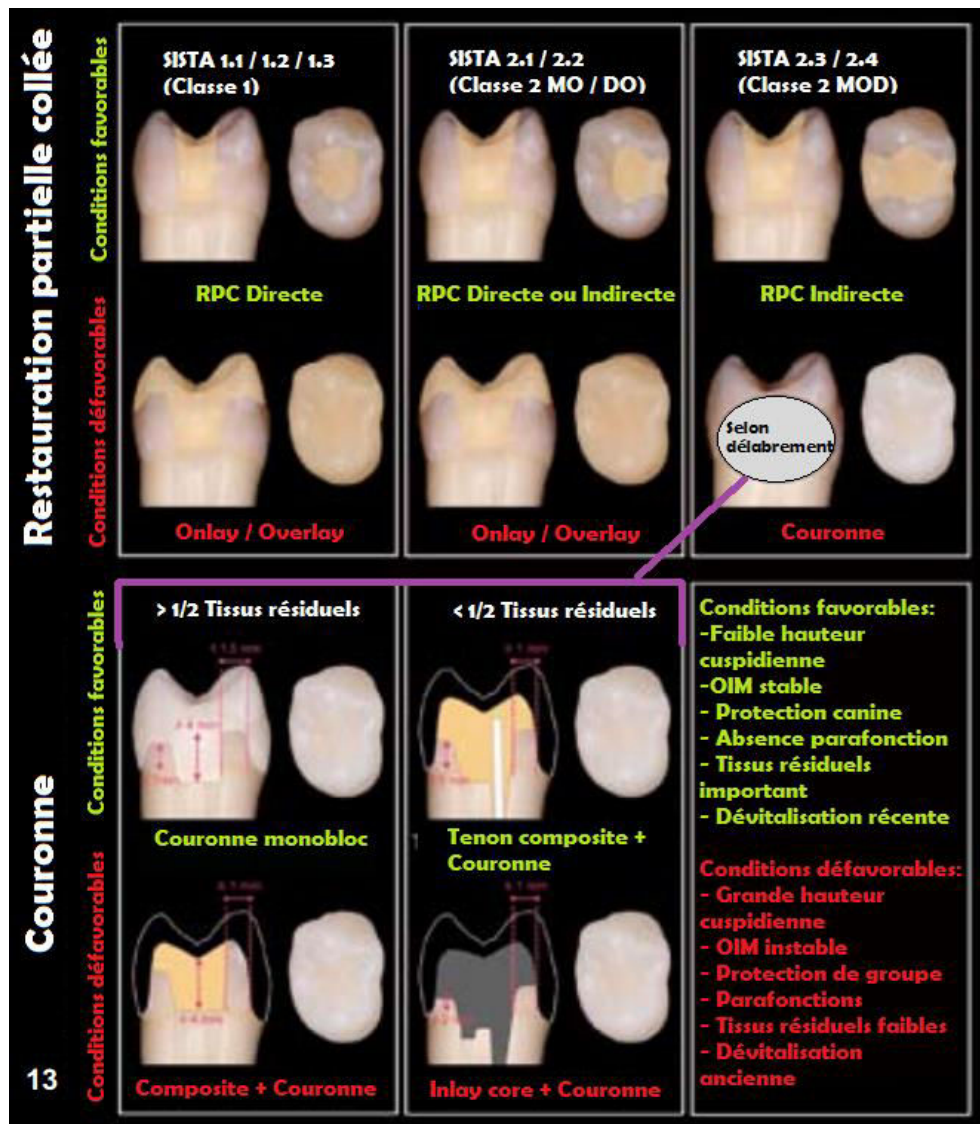


Figure 4. Stratégies thérapeutiques de la dent dépulpée proposée par le Dr Diestchi selon le concept Si/Sta [26]

Lorsque la situation clinique le permet, les reconstitutions partielles collées (directes ou indirectes) sont l'**indication** de premier choix [26].

Notamment pour les SiSta 1.1/1.2/1.3 (Cavité de classe I selon Black) et pour les SiSta 2.1/2.2 (Cavité de classe II MO/DO selon Black). En cas de perte cuspidienne, le recours à l'Onlay /Overlay doit être envisagé.

Pour une cavité SiSta 2.3/2.4 (classe II de type MOD selon Black), la technique de couronne monobloc (endocrown) est indiquée dans des conditions favorables pour les dents postérieures déulpées lorsque :

- Le délabrement coronaire permet, après préparation périphérique, la persistance de paroi d'une hauteur minimale de 1 mm et d'une épaisseur de 1,5 mm,
- La limite périphérique est supra ou juxta-gingivale. La préparation périphérique externe prévoit la réalisation d'une dépouille de l'ordre de 3 à 6° avec un épaulement à angle interne arrondi de 0,8 à 1,2 mm de large.
- La partie camérale est profonde (4 à 5 mm) et volumineuse.

Le **recours à un ancrage** n'intervient que pour des pertes tissulaires supérieures à 50% du volume global coronaire. Il conviendra de déterminer la meilleure indication entre les reconstitutions corono-radiculaires à **tenon fibré** et les reconstitutions de type inlay-core.

Néanmoins, de nos jours, les indications de type inlay-core peuvent être plus facilement évitées.

## **I.3 Restauration à l'aide d'un ancrage radiculaire**

### **I.3.1 Objectifs**

La pose d'un moyen d'ancrage doit permettre [2] [3] :

- d'assurer la rétention de la restauration coronaire par la reconstitution des tissus perdus
- de renforcer la cohésion corono-radiculaire
- d'assurer la pérennité de la dent sur l'arcade, sur le plan biologique et structurel
- Préserver le comportement physico-mécanique de l'organe en répartissant les contraintes fonctionnelles de manière homogène
- Respecter l'anatomie corono-radiculaire

- Maintenir l'étanchéité apicale apportée par le traitement endodontique

## **I.3.2 Analyse de la situation**

Hormis l'importance de l'état résiduel coronaire et radiculaire, d'autres facteurs auront un **rôle prépondérant** lors de la pose d'un ancrage.

### **I.3.2.1 Situation des limites cervicales**

La **limite cervicale** détermine la zone de transition entre la portion coronaire traitée et la portion radiculaire non traitée [88].

La situation de la limite cervicale va préfigurer la future relation parodonto-prothétique. Elle détermine le rapport entre le bord marginal de la préparation coronaire et la gencive marginale libre. Il existe 3 situations : la limite intra sulculaire, la limite juxta gingivale et la limite supra gingivale [15]. La limite supra gingivale est la meilleure situation d'un point de vue parodontal.

La position de la limite cervicale conditionne la préparation périphérique, les finitions, la prise d'empreinte, le travail en laboratoire, le scellement/collage ou encore un entretien prophylactique plus aisé pour le patient. Néanmoins, pour des raisons esthétiques, elle implique une vigilance toute particulière au niveau du joint périphérique, notamment dans le secteur antérieur. La hauteur coronaire doit être suffisante pour faciliter la pose du champ opératoire et le protocole de restauration. La mise en place de la digue repousse les limites parodontales. C'est la situation de choix pour les reconstitutions foulées.

### **I.3.2.2 Importance du traitement endodontique**

Nettoyage, désinfection et mise en forme canalaire sont les maîtres mots du **traitement endodontique**. Réalisé au préalable, le traitement endodontique est la clé de voute du succès thérapeutique final. Il va permettre en grande partie d'assurer la **pérennité** de la restauration prothétique. Il ne peut se dissocier du traitement restaurateur :

Plusieurs études démontrent la relation étroite entre le traitement endodontique et la restauration corono-radiculaire qui en découle [80] [43] [38] [81].



Tronstad et coll. ont évalué une relation possible entre la qualité de la restauration coronaire, l'obturation du canal radiculaire et l'état périapical des dents traitées endodontiquement. Une série de radiographies provenant de dossiers de patients choisis au hasard à la Faculté de médecine dentaire de l'Université d'Oslo est examinée. 1001 dents traitées endodontiquement, associées à une restauration coronaire définitive ont été évaluées indépendamment par deux examinateurs. Deux groupes de dents ont eu les taux de réussite les plus élevés. Ils correspondent aux dents dont la qualité du traitement endodontique est la plus élevée [80].

Ces observations ont été relevées dans d'autres études comme celle de Kirkevang et coll. [43].

En 2011, Gillen et coll. ont réalisé une méta-analyse [38]. En combinant les résultats d'une série d'études indépendantes sur le sujet, une analyse précise des données a permis de tirer une conclusion globale. Malgré la présence d'une multitude de facteurs qui contribuent au succès ou à l'échec du traitement canalaire, la recontamination bactérienne reste le facteur prépondérant.

L'étude de Ray et Trope de 1992 [81], affirme que la restauration coronaire a un plus grand impact sur le succès thérapeutique que la qualité du traitement endodontique lui-même.

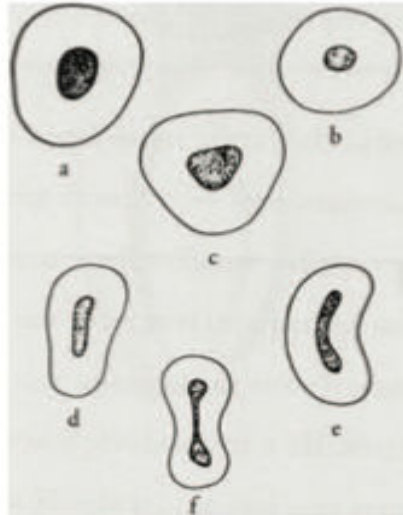
Un **constat** semble s'imposer : puisque certaines études mettent en avant le traitement endodontique et d'autres, la reconstitution corono-radiculaire, ce sont les **deux actes** qui s'avèrent indispensables dans la qualité et la pérennité du traitement endo-prothétique. L'étanchéité du traitement reste le garant du succès thérapeutique.

### **I.3.2.3 Importance de l'anatomie radiculaire**

#### **I.3.2.3.1 Section Transversale**

La **forme** de la section transversale du canal radiculaire conditionne le choix de l'ancrage.

Une première classification des canaux radiculaires selon la forme de la section transversale a été rapportée par Lautrou (Figure 5) [51]. Les canaux radiculaires sont classés par 2 types de formes : laminaires ou tubulaires.



*Figure 5. Illustration des différentes formes de la section du canal radiculaire d'après Lautrou [51]*

En haut les canaux Tubulaires : a) Ovale ; (b) arrondi ; (c) Triangulaire.  
 En bas, les canaux Laminaires : (d) droits ; (e) Semi-lunaire ; f) en forme "8"

La forme de la section canalaire va permettre d'estimer le diamètre du tenon. Il faut pouvoir occuper la plus grande surface possible tout en étant le **moins mutilant** [65].

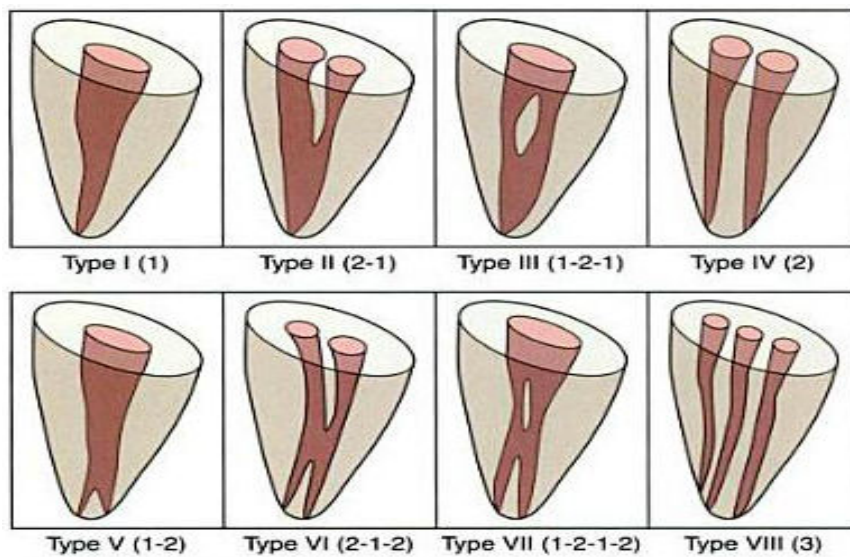
### **I.3.2.3.2 Configuration spatiale**

La **configuration spatiale** du canal radiculaire conditionne également le choix de l'ancrage. Ce paramètre est à prendre en compte lors de l'adaptation du tenon à son logement, notamment pour évaluer la profondeur du logement canalaire. Il est rare de trouver des canaux parfaitement rectilignes.

La classification de Vertucci (Figure 6) illustre bien les différentes trajectoires canalaire que l'on peut rencontrer. 8 types se différencient : [83]

- **type I** : un seul canal depuis la chambre pulpaire jusqu'à l'orifice apical (1-1)
- **type II** : deux canaux distincts en partant de la chambre pulpaire puis se rejoignant avant l'orifice apical pour former un canal (2-1)
- **type III** : un seul canal quittant la chambre pulpaire qui bifurque en deux canaux au milieu de la racine. Puis les canaux se rejoignent dans le 1/3 apical pour sortir en un canal (1-2-1)
- **type IV** : deux canaux distincts depuis la chambre pulpaire jusqu'à l'apex (2-2)

- **type V** : un seul canal quittant la chambre pulpaire se sépare peu avant l'apex en deux canaux distincts (1-2)
- **type VI** : deux canaux séparés quittant la chambre pulpaire, se rejoignent dans la racine et se divisent près de l'apex pour sortir par deux canaux distincts (2-1-2)
- **type VII** : un seul canal quittant la chambre pulpaire, se divisant puis se réunissant dans la racine pour finalement se diviser à nouveau près de l'apex en deux canaux distincts (1-2-1-2)
- **type VIII** : trois canaux séparés depuis la chambre pulpaire jusqu'à l'apex (3-3)



*Figure 6. Illustration des différents types d'anatomie canalaire selon la classification de Vertucci*

La forme tridimensionnelle de la racine va donner les éléments à prendre en considération lors de la préparation du logement du tenon. Pour cela, il faut connaître les caractéristiques spécifiques de la dent concernée (Tableau 3).

Le **type de courbure** de la racine est représenté par les inclinaisons axiales dans le sens mésio-distal (MD) et vestibulo-palatin (VP) au maxillaire ou vestibulo-lingual (VL) à la mandibule [25].

Tableau 2. Caractéristiques anatomiques du canal dentaire et incidences sur la préparation (Illustration personnelle)

	Dent	Inclinaison axiale selon Dempster		Configuration de la racine selon Vertucci	Nombre de racines		Nombre de canaux	Guide pour la préparation	
		Sens M-D	Sens VL/VP						
M A X I L L A I R E	Incive centrale	2°(M)	28°(P)	Type I	1		1	Axe VP	
	Incive latérale	7°(M)	26°(P)					Axes MD et VP daimètre MD étroit au collet	
	Canine	17°(D)	16°(P)						
	Première prémolaire	Racine V 9°(D)	5°(P)	Type I, II, IV, VI	1 à 2 (60%-V et P)		2=1/racine	Nombre de racines + configuration canalaire	
	Deuxième prémolaire	5°(D)	6°(P)		1 à 2 (85%)		1		
	Première molaire	Racine P 14°(D)	20°(P)	DV ou P : Type I MV1 ou MV2 : Type I, II, IV, V	3	MV;DV;P	1 à 2 / racine	Diamètre canal P(+accessible) Présence de courbures canalaires	
	Deuxième molaire	Racine P 10°(D)						=	
	M A N D I B U L A I R E	Incive centrale	2°(M)	22°(L)	Type I, II, IV	1		1	Axe VL + canal aplati dans le sens MD
		Incive latérale	0°	23°(L)					
		Canine	6°(D)	12°(L)					
Première prémolaire		6°(D)	9°(L)	Type I, II, III, VII	1		1 (++) à 3	Axe VL	
Deuxième prémolaire		9°(D)	9°(V)	Type I	1		1		
Première molaire		Racine M 10°(D)	20°(V)	Type I, II	2 (M+D)		1 à 2 / racine		
Deuxième molaire		Racine M 14°(D)	20°(V)		1 à 2 (++)				

Légende : M Mésial ; D Distal ; V Vestibulaire ; P Palatin ; L Lingual ; (sens de la déportation)

L'analyse radiographique (rétro-alvéolaires sur plusieurs incidences, CBCT) va permettre d'appréhender l'ensemble de ces variations anatomiques avec précision.

### I.3.2.4 Contexte occlusal

L'examen de la fonction occlusale se réalise à la fois en statique et en dynamique.

Selon Dietschi, l'analyse du contexte occlusal est un paramètre de choix du type d'ancrage [27].

Un contexte occlusal **favorable** se caractérise par une position d'Intercuspidie Maximale stable (OIM), l'absence de parafonction et une protection de groupe lors des mouvements de latéralité. Un contexte occlusal **défavorable** se caractérise par une OIM instable (sur-occlusion), l'existence de parafonctions et une protection canine lors des mouvements de latéralité.

En secteur antérieur, il faut vérifier l'occlusion dynamique lors des mouvements antéro-postérieurs de propulsion.

Tout facteur occlusal entraînant la fragilisation de la structure a une influence sur le choix de la reconstitution.

### **I.3.2.5 Contexte parodontal**

L'examen parodontal devra se porter sur :

- la qualité de l'hygiène bucco-dentaire par le maintien du contrôle de plaque,
- la présence ou non d'inflammation gingivale,
- l'examen du biotype parodontal : fin ou épais,
- le respect de l'espace biologique et la qualité de la gencive marginale,
- la présence ou non d'une maladie parodontale objectivée : par des signes cliniques et radiographiques.

L'alvéolyse orientera le choix de la restauration. Le niveau osseux guidera la préparation du logement du tenon. Il faudra que le tenon, placé dans la racine, se situe sous ce niveau osseux afin d'éviter un effet de levier trop important.

### I.3.3 Critères de choix des RCR

Les concepts cliniques exposés précédemment sont autant de paramètres qui permettent de déterminer le choix entre une solution foulée et coulée (Figure 7) [13].

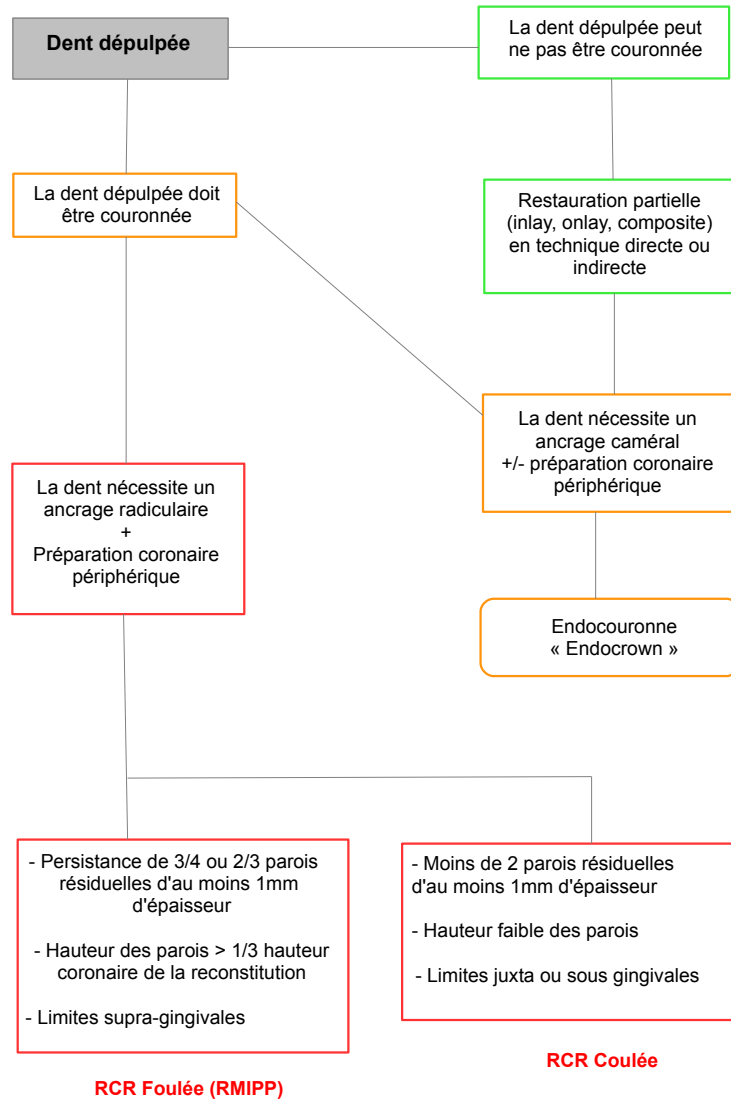


Figure 7. Organigramme décisionnel du choix du type de RCR [13]

### I.3.4 Apport de l'effet de sertissage ou effet ferrule

La « **ferrule** » correspond à la quantité de dentine coronaire résiduelle, après préparation, située au-dessus de la limite cervicale pré-prothétique. Elle a été décrite comme un « collet de 360° de 2mm de hauteur de dentine résiduelle ». Cette ferrule

forme un véritable bandeau jouant le rôle de ceinture de sécurité de la RCR [78].

Cette ferrule contribue à diminuer les **contraintes** fonctionnelles transmises à la racine en les absorbant. En effet, les forces convergent vers cette région [46]. Il est donc important de préserver cette zone pendant la restauration. Elle est déterminante car, en son absence, la RCR coulée (inlay-core) est encore préférable.

Les contraintes qui vont s'y appliquer se situent au niveau du joint entre la dent et cette entité prothétique (Figure 8). Cette surface de rétention sera diminuée. Une hauteur homogène de dentine va donc augmenter la surface de rétention entre la couronne et la structure. Cette préparation particulière réduit significativement le risque de fracture cervicale de la racine et augmente la rétention [7] [63].

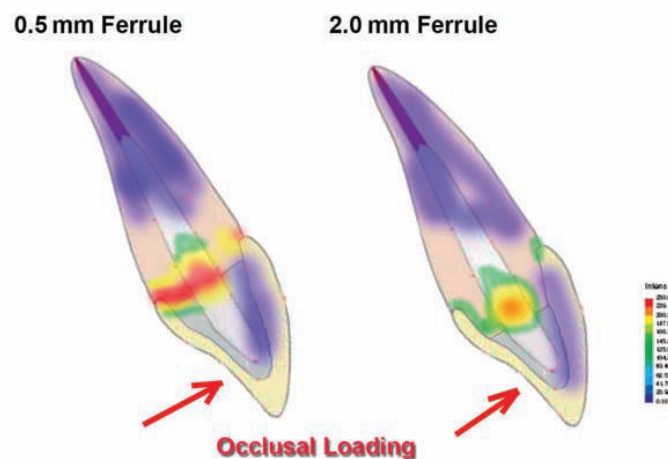
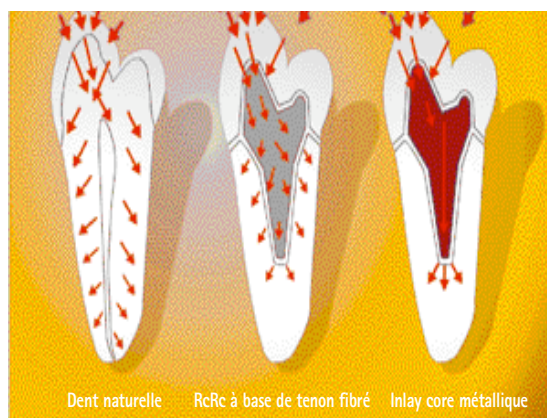


Figure 8. Comportement biomécanique d'une dent restaurée, avec ancrage, sous l'incidence d'une force, avec ou sans ferrule [46]

### I.3.5 Incidence du tenon sur la racine

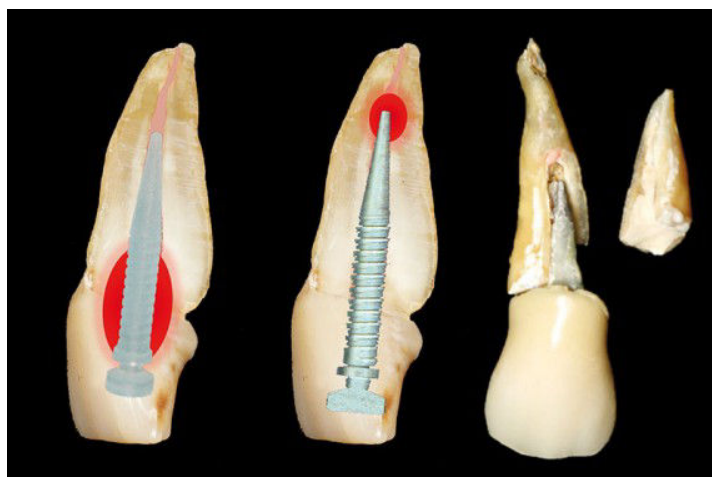
Par leur **module d'élasticité** proche de la dentine, les tenons fibrés vont répartir les contraintes appliquées sur la dent de la manière la plus **homogène** possible. Ils ont un comportement dit « **anisotrope** ». La transmission des forces du tenon à la racine va dépendre de l'orientation des forces qui lui seront appliquées.

Lors d'une force appliquée selon un angle de 30° par rapport à l'axe vertical de la dent, le comportement élastique sera similaire à celui de la dentine. Lors d'une force appliquée selon l'axe vertical de la dent, la rigidité du tenon va augmenter [44].



*Figure 9. Répartition des contraintes fonctionnelles entre une dent naturelle, une dent restaurée par une RMIPP à tenon fibré et une dent restaurée par un inlay-core métallique [44]*

Un tenon fibré va donc **répartir** uniformément les contraintes le long de la racine, et majoritairement dans sa partie coronaire. A l'inverse, un tenon métallique concentre et transmet directement les contraintes à la partie apicale de la dent (Figure 9 et 10). Cette application particulière des forces sur la racine augmentera le risque de fracture.



*Figure 10. Zone de répartition des contraintes fonctionnelles sur une dent restaurée par un ancrage radiculaire (tenon fibré à gauche; tenon métallique à droite)[67]*

En 2009, Coehlo et coll. ont étudié le **comportement** de différents systèmes d'ancrage radiculaire sous l'application d'une charge oblique de 10 Newtons, orientée de 45° par rapport à l'axe vertical de la dent. Sept modèles numériques bidimensionnels, un de la dent saine et six correspondant à une dent dépulpée



restaurée avec de la résine composite et des systèmes d’ancrages métalliques ou non métalliques. Les résultats de cette étude démontrent que la distribution du stress est fortement influencée par la nature des tenons. La répartition du **stress** est différente entre un tenon métallique et un tenon fibré. Les tenons fibrés présentent une répartition plus homogène des contraintes, proche de celle retrouvée sur une dent saine. En d'autres termes, il y a un plus faible risque de fracture pour canaux radiculaires préparés et restaurés à l’aide de tenons en fibre de verre [21] [68].

## I.4 Evolution des concepts de tenons radiculaires

Malgré les progrès actuels en dentisterie, avec l'incorporation et le développement de nouveaux matériaux et techniques de restauration, de grands défis subsistent en termes de réhabilitation des dents dépulpées. [73]

L'évolution de la nature des matériaux (Tableau 4) utilisés au niveau des infrastructures radiculaires montre une disparition progressive du métal. [45]

*Tableau 3. Evolution de la nature du matériau utilisé [44]*

Évolution de la nature du matériau utilisé		
NATURE DU TENON	AVANTAGES	INCONVÉNIENTS
ALLIAGE PR ou NON PR	Simplicité de mise en œuvre Recul clinique Possibilité de les céramiser	Corrosion Incompatible avec les vitrocéramiques rigide
CÉRAMIQUE	Esthétique Assemblage par collage	Très rigide Fracture du matériau (zircone) Mauvaise adhésion du zircone à la pâte de collage
FIBRE (carbone, quartz, fibre de verre)	Biocompatible Adhésion au composite Propriété mécanique Anisotrope Libre circulation de la lumière Suppression de l'aspect grisé du métal	Adhésion inférieure du quartz avec le composite. Tenon carbone inesthétique Nécessité d'une procédure de collage rigoureuse

En dépit de caractéristiques propres liées au tenon (composition, nature, longueur), nous verrons ainsi que l'évolution des concepts a progressivement permis d'aboutir à une solution anatomique qualifiée de **fibro-architecturée**.

## I.4.1 Concept du tenon actif [70]

Dans ce concept, on ajuste le canal de la dent aux dimensions du tenon. La mise en place du tenon nécessite donc un **alésage** du canal à l'aide de forets calibrés correspondant à la forme du tenon.

Pour respecter cette philosophie, on utilise donc un tenon surdimensionné par rapport au canal. On parle de tenon ajusté. Pourtant, le tenon devrait idéalement occuper la quasi-totalité du logement endocanalair. La section des canaux n'est pas parfaitement circulaire. Seul un forage de diamètre élevé accompagné d'un tenon de même diamètre peut permettre d'occuper l'espace. Cette technique apparaît comme très iatrogène.

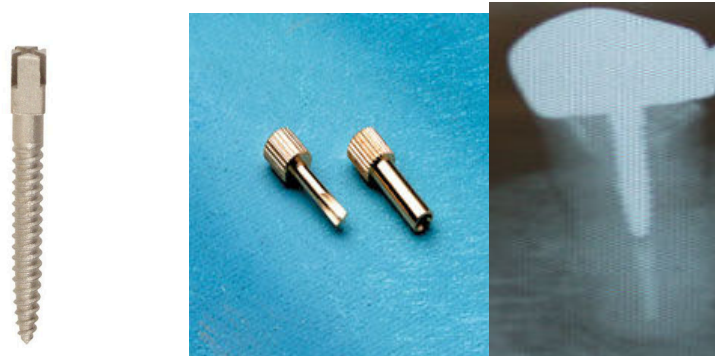
D'après Koubi, cette conception paraît « impensable au vu des **risques** de perforation et compte tenu des particularités morphologiques » de la dent. De plus, « un logement de section circulaire préparé avec un foret de section raisonnable laisse obligatoirement des zones non instrumentées, souillées de matériau endodontique et de débris dentinaires. L'ajustage périphérique du tenon à la dentine à partir d'un forage endocanalair est donc illusoire » [44]. L'utilisation d'aides visuelles permet de diminuer la présence de ces débris.

Ces tenons actifs sont essentiellement des tenons à **taroudage dentinaire**. Ils peuvent être coniques ou parallèles.

Ces tenons affectent donc la dentine lors de leur insertion. Leur rétention dans le canal radiculaire repose sur l'**ancrage macromécanique** réalisé par le tenon sur la dentine.

Ce type de tenon, encore hélas trop utilisé, est le tenon « Screw Post » (Figure 11) qui prend l'allure d'une vis. Des spires, présentes sur toute la longueur du tenon, sont engagées dans la dentine radiculaire. (Dentatus Screw Post ®) [23]. Développé depuis 1932, il s'agit d'un tenon fileté de forme conique à stries hélicoïdales. Il se distingue par une tête légèrement plus large que sa partie intraradiculaire. Elle est nécessaire à l'adaptation et à la rétention du matériau de reconstitution coronaire. Il comprend également une tige parallèle avec une extrémité

apicale amincie permettant de réduire les contraintes sur la racine. Sa mise en place nécessite l'aide d'une clé ou mandrin jouant le rôle de tournevis.



*Figure 11. Illustration du Dentatus ScrewPost® - Clé en croix d'insertion-Image d'une radiographie post opératoire d'une prémolaire mandibulaire restaurée avec un Screw Post [72]*

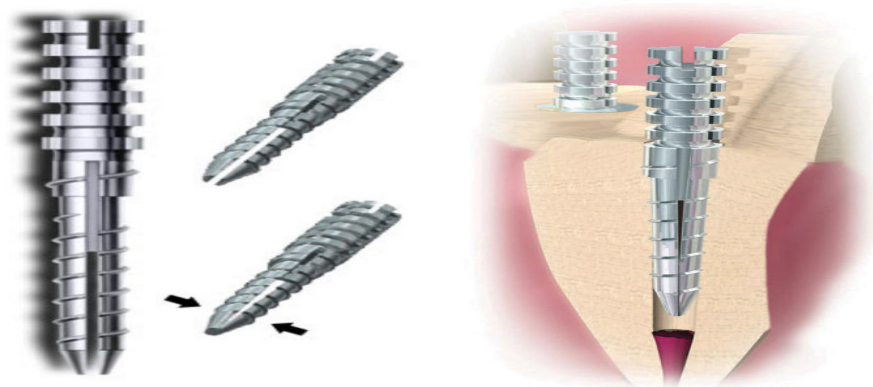
Le protocole de mise en place induit donc inévitablement de plus grandes contraintes sur les parois radiculaires, en provoquant un « **effet de coin** ». L'étude menée par Filho et coll et utilisant la microscopie électronique à balayage a montré des fissures sur les parois dentinaires causées par les spires du tenon. De plus, un interstice situé entre la paroi dentinaire du canal et le tenon, est causé par l'élargissement canalaire lié au vissage. Ce manque de continuité laisse une espace libre non-étanche favorisant la recolonisation bactérienne [32] [79]. La distribution du stress Von Mises montre que les zones de surpression les plus élevées se retrouvent le long du tenon au niveau des spires (Figure 12) [23].



*Figure 12. Illustration d'une fracture radiculaire sur une dent restaurée avec un tenon à taraudage radiculaire et des conséquences biomécaniques du Screw post (72)*

Dans une autre étude, Fuss et coll. analysent 154 dents extraites pour cause de fractures verticales : 62 % des dents contenaient un moyen d'ancrage ; 67% des tenons étaient des tenons à vis filetées de type Screw-post [35].

Pour tenter de surmonter les contraintes que ces **tenons auto-taraudants** induisent sur la racine, un nouveau type de tenon a été conçu. Il s'agit du Flexi Post® d'EDS Dental. C'est un tenon fileté à côtés parallèles avec une fente dans sa moitié apicale. Lorsque la tige est vissée, la fente se referme et se transforme en un tenon conique, absorbant une partie des contraintes potentielles (Figure 13).



*Figure 13. Illustration représentant le Flexi Post® et son mécanisme d'action au cours de son insertion [33]*

Néanmoins, dans une étude de Lewgoy et coll., une distribution des contraintes de Von Mises a été analysée. Au niveau de la structure de support, la contrainte était répartie uniformément, sans grandes concentrations dans des zones spécifiques. Cependant, la zone radiculaire qui a attiré le plus d'attention était le tiers moyen, au niveau de la zone fendue. Cette zone génère le plus de stress sur la

structure dentaire. Sur la base des résultats obtenus, on peut conclure que la conception d'un tenon peut altérer la répartition des contraintes. [52]

Ce concept est donc **à proscrire** [64] [90].

Il existe également des tenons sans taraudage dentinaire. Leur état de surface apparaît généralement lisse ou légèrement strié pour améliorer sa rétention. Les contraintes sont moindres. Leur rétention diminue par rapport aux tenons à taraudage dentinaire. L'insertion du tenon requiert également une désobturation et un forage avec un forêt de forme homothétique à celle du tenon. C'est le cas notamment du tenon normalisé généralement cylindro-conique (Figure 14). La Figure 14 représente un tenon de simple conicité.

*Figure 14. Tenon fibré cylindro-conique Apol®*

Le tenon n'occupe qu'une partie du canal. Le reste est occupé par le matériau de comblement ou la résine de collage. Ainsi, le tenon ne remplit qu'une partie de l'espace endocanalair, à défaut d'un alésage important. Tous les **tenons préfabriqués**, y compris les tenons en fibres de verre, ne peuvent s'adapter à la forme et au diamètre des canaux radiculaires. Lors d'une **procédure adhésive**, les contraintes de polymérisation s'exercent aux interfaces « dentine / ciment » et « tenon / ciment » et favorisent la formation de bulles et de défauts d'adhérence.

Il faut donc que la distance entre ces deux interfaces soit la plus petite possible (Figure 15) [17].

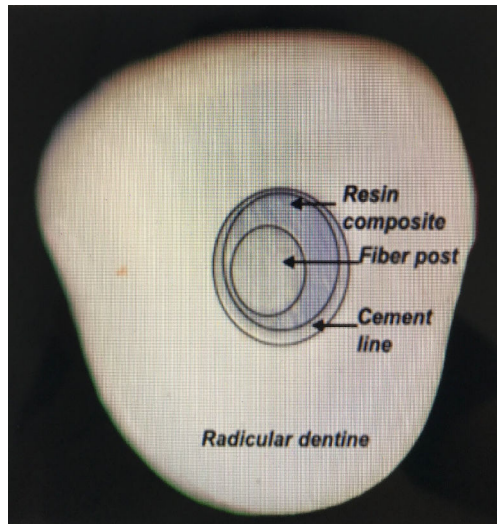


Figure 15. Illustration représentant une coupe transversale d'une dent restaurée par un composite à tenon fibré [73]

Le traitement endodontique offre un canal instrumenté et, généralement, de conicité dans sa portion apicale au moins égale à 4%. Néanmoins, sa portion coronaire est beaucoup plus conique. L'anatomie canalaire initiale, la cavité d'accès, la suppression des triangles dentinaires fondent un canal évasé où la quantité de résine de comblement sera importante (supérieure à sa partie apicale).

Ainsi les tenons à double conicité (DT= Double Taper) ont fait leur évolution (Figure 16).

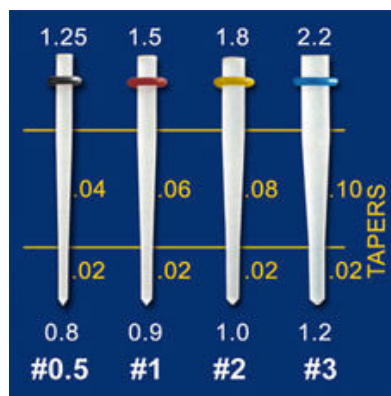


Figure 16. Tenons fibrés à double conicité DT Light Post<sup>®</sup>

L'évolution va donc dans le sens du tenon anatomique. La morphologie du canal est davantage respectée, tout en restant la moins mutilante possible [89].

#### I.4.2 Le tenon passif ou flottant

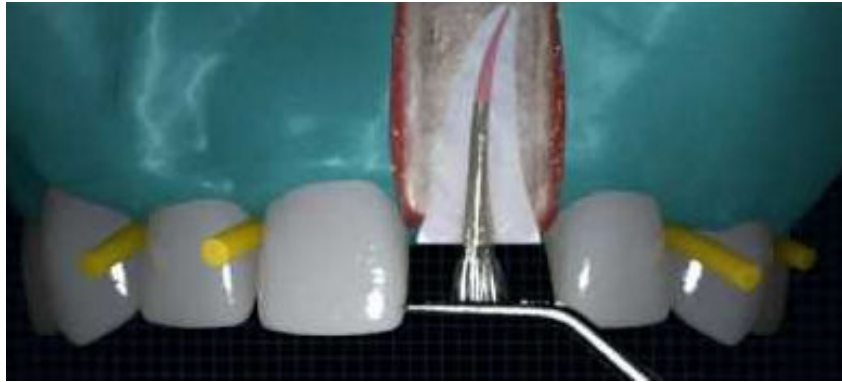
Ces tenons n'affectent pas la dentine. Ils doivent leur rétention à l'adhésion créée par le matériau de restauration ou ciment avec la dentine. Ce concept est le plus utilisé actuellement car il fait appel aux techniques adhésives modernes.

Dans ce concept, le tenon est choisi de manière à flotter dans le canal. Un diamètre approprié est sélectionné pour être doucement inséré dans le canal. Le tenon est de section plus réduite que celle du canal, et par analogie, plus réduite que dans le cadre du concept du tenon ajusté. Ensuite, le canal sera partiellement rempli d'un composite à polymérisation dual. C'est ce protocole qui doit être exclusivement retenu.

### **I.4.3 La Reconstitution dite anatomique**

Dans le but d'améliorer l'adaptation des tenons en fibres de verre, dans le cadre de canaux radiculaires élargis, l'une des techniques proposées est la fabrication d'un **tenon anatomique personnalisé**. Ce n'est plus le canal qui est adapté au tenon, mais le tenon qui est adapté au canal pour être flottant.

Il ne nécessite pas de forage suite à la désobturation. Le tenon va ici s'adapter à l'anatomie du canal. En augmentant l'adaptation du tenon aux parois du canal radiculaire, cette technique devrait permettre de former une fine couche de résine-ciment. Par conséquent, ce concept fournit les conditions favorables à la rétention du tenon. Les tenons anatomiquement personnalisés démontrent une plus grande force d'adhésion que les tenons préfabriqués non personnalisés. Ils permettent d'obtenir une couche de ciment autour du tenon plus uniforme [13] [73]. Les concepts EverStick Post<sup>®</sup> (GC Dental) et StickTech répondent à ces caractéristiques (Figure 17).



*Figure 17. Mise en place du tenon anatomique Everstick Post®*

Quel que soit le type d'agent de liaison utilisé, l'utilisation de ce concept en fibre de verre flexible abouti à une résistance à la fracture **supérieure**, par rapport à un groupe de tenons préfabriqués métalliques et non métalliques [31].

Récemment, certains auteurs ont suggéré que, l'utilisation de tenons auxiliaires appliqués simultanément au tenon principal, permet d'augmenter l'adaptation à des canaux largement évasés. En conséquence, leur utilisation a pour but d'augmenter la résistance à la fracture des dents [5] [74].

Cette thérapeutique dévoile les prémices du tenon anatomique fasciculé.

Dans l'étude de Li et coll, les effets des différents systèmes de tenons sur la restauration des racines évasées, dont ceux proposant l'application de tenons fibrés accessoires, sont évalués. Pour ce faire, une charge de 50 Newtons, oblique à 45° par rapport à l'axe longitudinal des racines, est appliquée (Figure 18) [54].



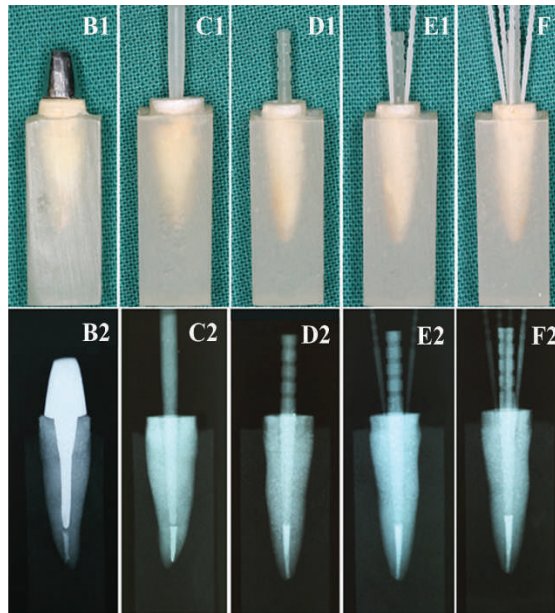


Figure 18. Illustration des différents modes de restauration utilisés dans l'étude de Q. Li et coll. (Image clinique en haut et image radiographique par rayons X en bas)(53)

Légende

- B1/B2 - RCR coulée de type Inlay-Core
- C1/C2 - Tenon fibré DT Light®
- D1/D2 - Tenon Macro-Lock® de RTD Dental
- E1/E2 - Tenon Macro-Lock® de RTD Dental + 2 tenons accessoires Fibercone
- F1/F2 - Tenon Macro-Lock® de RTD Dental + 5 tenons accessoires Fibercone

Les résultats montrent que l'application de **tenons fibrés accessoires** n'a aucun effet sur la rétention de l'ensemble.

Pour ce qui concerne la résistance à la rupture, d'autres auteurs concluent même que le tenon en fibre de verre, associé à des tenons accessoires, est la méthode de choix pour renforcer les racines de dents structurellement affaiblies [16] [34] [29] [66].

Une étude de Hatta et coll. en 2011 montre que l'utilisation d'un tenon anatomique, de même diamètre que le canal radiculaire, a une résistance à la fracture supérieure à celle d'un tenon fibré standard [40].

## II. Les systèmes de reconstitution corono-radiculaire par composite à tenon fibré (RMIPP)

## II.1 Principes généraux

Une RMIPP à tenon fibré est la synthèse entre un tenon en fibres de verre ou de quartz, une résine composite de reconstitution et un système adhésif amélo-dentinaire. Le tenon et le composite de reconstitution coronaire sont assemblés entre eux mais aussi aux tissus dentaires selon les principes de restauration adhésive [9].

Selon Laplanche, ces reconstitutions répondent aux mêmes exigences que tout autre RCR [49].

Elles doivent tenir compte du comportement biomécanique de la dent dépulpée en veillant à : - préserver les tissus résiduels selon le principe d'économie tissulaire,

- retrouver une morphologie coronaire correcte.

Une RMIPP doit préserver l'endodonte en garantissant l'étanchéité apicale après traitement.

Elle forme un ensemble homogène avec la dent à restaurer. L'utilisation de matériaux aux caractéristiques mécaniques favorables se justifie par leur module d'élasticité proche de celui de la dentine dans sa partie radiculaire.

Le tenon a pour objectif d'absorber les contraintes et de diminuer le risque de fracture. Il va permettre également d'assurer l'ancrage de la reconstitution coronaire en jouant le rôle de tuteur. La longueur intracanaulaire du tenon doit être au moins égale à la hauteur coronaire de la restauration.

## II.2 Indications et contre-indications

Selon l'ANAES (Agence nationale d'accréditation et d'évaluation en santé), les RMIPP sont indiquées lorsque [3] :

- 2 ou 3 parois résiduelles persistent,
- l'épaisseur des parois est supérieure ou égale à 1 mm,
- la hauteur des parois résiduelles est supérieure ou égale à la moitié de la hauteur coronaire prothétique,

- la limite cervicale est en position supra gingivale,
- l'accessibilité clinique à la préparation est suffisante pour assurer une photopolymérisation efficace,
- l'isolement des fluides buccaux est réalisable par la pose d'un champ opératoire (digue en place).

Les RMIPP sont **contre-indiquées** lorsque :

- les limites cervicales de la perte de substance sont situées à moins de 2 mm de la future limite cervicale de la superstructure prothétique,
- la résistance mécanique de la reconstitution est inadaptée aux contraintes supportées par la superstructure,
- une étanchéité favorisant un collage de qualité ne peut être obtenue (facteur praticien, facteur environnemental).

## **II.3 Les matériaux d'assemblage d'une RMIPP**

### **II.3.1 Les résines composites**

#### **II.3.1.1 Définition**

Les résines composites dentaires sont des résines synthétiques utilisées en dentisterie comme matériaux de restauration ou de collage.

Raskin définit un matériau composite comme « un matériau composé de plusieurs matériaux de nature ou d'origine différentes et dont les caractéristiques mécaniques sont supérieures à celles des matériaux entrant dans sa composition ». Ces matériaux seront reliés entre eux par liaisons mécaniques, physiques ou chimiques. [69]

#### **II.3.1.2 Composition [86]**

Les composites sont composés de monomères formés par une molécule de bisphénol A. Plusieurs monomères forment un polymère. Quand les polymères sont de petite taille, on parle d'oligomères.

On y distingue **3 éléments principaux** (Figure 19) :

- Une phase inorganique ou dispersante composée de charges minérales
- Une phase organique ou dispersée composée principalement d'une base matricielle dite « résineuse »

La phase organique comprend la résine, les abaisseurs de viscosité, le système de polymérisation et de divers additifs.

- Un agent de couplage : Le silane qui assure la cohésion entre les éléments et renforce la structure. Il permet de lier la matrice aux charges.

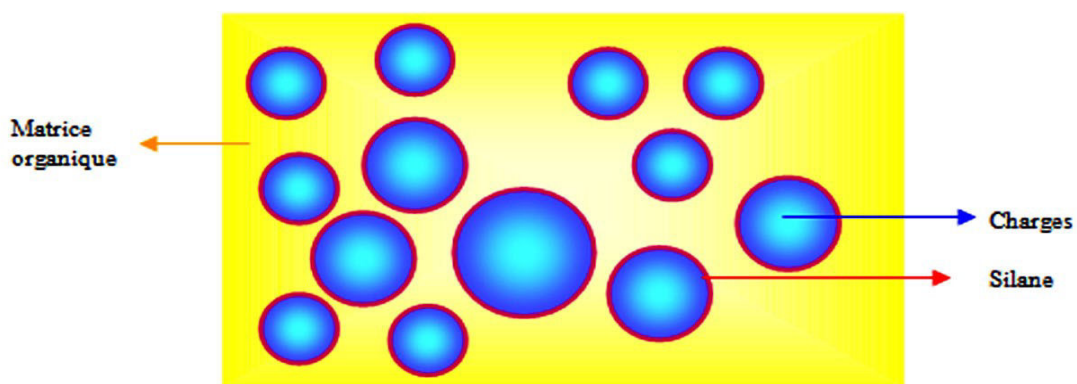


Figure 19. Représentation schématique d'une résine composite [69]

A ces 3 éléments s'ajoutent des adjuvants. Ils permettent aux composites d'être résistants, stables dans leur conditionnement et leur manipulation. On peut citer les amorceurs (le plus utilisé est la camphoroquinone), les inhibiteurs comme par exemple, la toluidine. Ils permettent au composite d'être travaillé, de pouvoir être posé. On a également les accélérateurs pour la polymérisation et les stabilisants pour la conservation.

La polymérisation peut être chimique, photo-initiée ou **duale**. C'est cette dernière qui est recherchée dans toute procédure de collage d'un tenon.

La Chémo-polymérisation nécessite un temps de 3 à 5 minutes selon les matériaux. Elle est obligatoire pour assurer une conversion du composite dans la partie radiculaire de la reconstitution

### II.3.2 Le tenon fibré [48]

Le tenon ne sert qu'à la rétention du matériau d'une restauration coronaire. Le développement des procédures adhésives permet cependant de maintenir, de reculer la réelle indication d'un tenon (composite, inlay, onlay, couronne). Ces tenons s'associent à des résines composites, dont les propriétés viscoélastiques se combinent à la passivité du tenon dans le canal.

Cet assemblage particulier permet de maintenir l'étanchéité et d'assurer la rétention de la reconstitution au sein de la dent.

Il existe plusieurs types de tenons fibrés :

- selon leur **composition** : les tenons en fibre de verre ou de silice, les tenons en fibre de quartz, les tenons en fibre de carbone (ceux-ci ne sont maintenant plus recommandés),
- selon leur **forme** : les tenons cylindriques, coniques ou cylindro-coniques à simple conicité, à étages ou à double conicité.

Le diamètre et la longueur du tenon sont choisis en fonction de l'anatomie canalaire.

Leur état de surface est optimisé avant le collage par l'utilisation d'un silane et d'un sablage, afin d'augmenter le pouvoir d'adhésion.

Ces tenons sont ceux présente un module d'élasticité le plus proche de celui de la dentine (Figure 20).

Leur faible module d'élasticité et leur comportement anisotrope permettent une répartition harmonieuse des contraintes, et diminuent les risques de dommages à la racine.

Les fractures sont alors moins fréquentes et plus facilement réparables. Elles sont situées le plus souvent dans la portion coronaire de la dent. La répartition des contraintes est donc meilleure lorsqu'on utilise des tenons fibrés. Les tenons en titane ou autres reconstitutions coulées, ont un module beaucoup trop élevé (100 à 200 GPa), et, par conséquent trop éloigné de celui de la dentine [77].

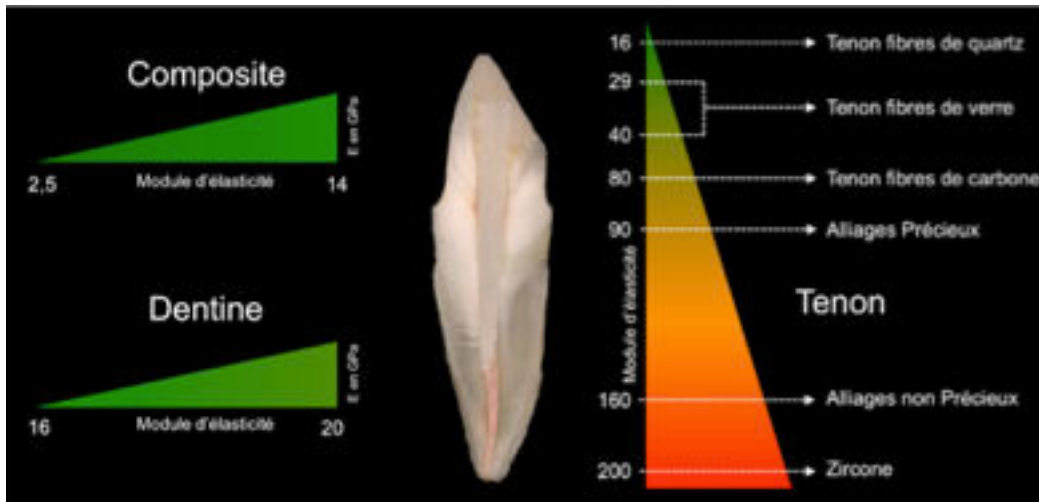


Figure 20. Module d'élasticité de la dent naturelle, du composite et en fonction de la nature du tenon [77]

Les tenons fibrés ne sont pas sensibles à l'activité galvanique ou à la corrosion, à la différence de leurs homologues en métal. Leurs qualités optiques sont nettement supérieures car ces tenons en fibre de verre sont le plus souvent translucides.

### II.3.3 Protocole de collage d'une RMIPP avec maître-tenon [8] [82]

- Mise en place du champ opératoire
- Nettoyage de la cavité d'accès endodontique par sablage
- Détermination de la longueur de travail à l'aide de radiographies pré-opératoires.
- Préparation du logement radiculaire (Simple Désobturation à l'aide de fôrets Largo). On ne calibre pas le logement canalaire, on se contente de le désobturer.
- Nettoyage du logement radiculaire. On utilise l'aéroabrasion, le sablage sur la cavité pour préparer la surface et éliminer tout résidus (ciment de scellement canalaire, résidus de Gutta) incompatibles avec un collage de bonne qualité. L'utilisation d'Aides optiques est vivement conseillée.
- Sélection du tenon:

- Choix du Tenon fibré
- La tête du tenon doit être située sous la face occlusale du faux moignon, son extrémité est en contact avec la Gutta
- Utilisation éventuelle d'une matrice pour préformer la tête du moignon afin de réaliser un coffrage
- Collage
  - Préparation du tenon :
    - Essayer le tenon fibré (forme spéciale, pas forcément cylindrique) dans le logement canalaire. La présentation sous blister est fortement conseillée, car elle permet l'utilisation d'un tenon pré-conditionné au collage ou avec un état de surface non souillé
    - Pré-découper le tenon à la bonne longueur
  - Dégraissage et désinfection à l'alcool (sauf si déjà silané par procédé industriel) puis séchage du tenon
  - Silanisation si non réalisée lors de sa fabrication. L'étape précédente est alors inutile.
- Préparation de la dent :
  - Mordançage total coronaire et radiculaire (15 secondes pour la dentine et 20 secondes pour l'émail
  - Rinçage abondant
  - Séchage du logement canalaire à l'aide de pointes papier stériles
- Application de l'adhésif par brossage dans le canal et au niveau coronaire avec une microbrush<sup>®</sup> : cet adhésif est obligatoirement à polymérisation dual
- Utilisation de la seringue air (souffler légèrement)

- Utiliser des pointes papier pour éliminer le surplus d'adhésif dans le logement
- Ne pas photopolymériser de suite car la prise est duale (composite DC)
- Application du composite de collage par injection canalaire puis coronaire, avec un embout ultra fin puis fin
  - en double enduction (logement + tenon) éventuellement
  - Insertion du tenon fibré
  - première photopolymérisation (40 sec)
- Reconstitution du faux moignon
  - Injection du composite et deuxième photopolymérisation (40sec) : deux apports minimum en raison de l'importante masse à injecter pour limiter le stress de polymérisation
  - Dépose de la matrice
  - Préparation Coronaire Périphérique
- Finitions

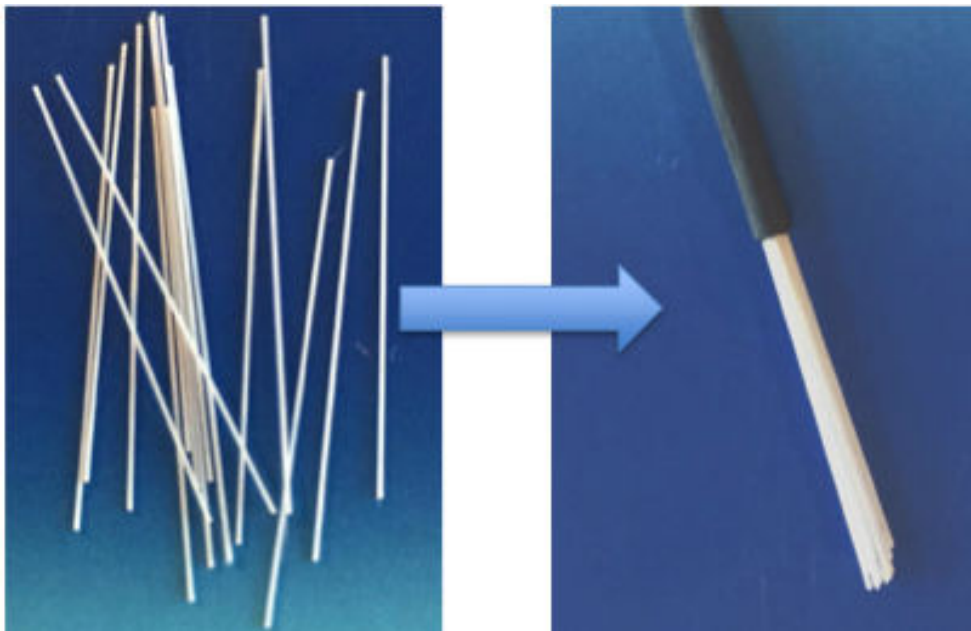
### **III. Les tenons anatomiques fasciculés, une solution innovante**

#### **III.1 Description**



### III.1.1 Le Tenon

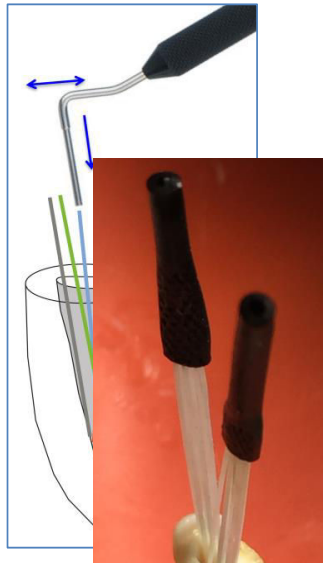
Le tenon anatomique fasciculé est un dispositif regroupant plusieurs **micro-tenons individualisés** de diamètres égaux, enserrés dans une manchette, conférant à l'ensemble l'aspect d'un « **fagot** » (Figure 21). Le tenon est renforcé par des fibres de verre continues, conductrices de lumière, de faible diamètre, reliées par une résine composite radio-opaque dans un **processus de pultrusion industriel**. Il s'agit d'un tenon passif. [56]



*Figure 21. Description du Tenon anatomique fasciculé (BCM)*

Chaque tenon est **mobile** l'un par rapport à l'autre, latéralement et en translation, afin de se conformer à n'importe quelle anatomie du canal (Figure 22), sans nécessairement avoir recours à une préparation canalaire spécifique. Ce concept permet le renforcement global de l'ensemble de la reconstitution. Cette propriété permet de distribuer les **micro-tenons** dans l'espace canalaire disponible pour constituer un véritable **composite fibro-architecturé**.

C'est donc le séquençage des renforts (les micro-tenons) qui va déterminer les propriétés mécaniques optimales.



*Figure 22. Disposition du tenon anatomique fasciculé dans le canal d'une dent dépulpée*

Actuellement, ces tenons sont commercialisés par les laboratoires BioComposants Médicaux et VOCO GmbH.

### **III.1.2 Le Rebilda Post GT system<sup>®</sup> (VOCO)**



*Figure 23. Coffret Rebilda Post GTSystem<sup>®</sup> (VOCO)*

Chaque micro-tenon mesure 0,3mm de diamètre. Plusieurs tailles de tenons sont disponibles avec des diamètres différents. « GT » signifie « Greater Taper » (Figure 23) (Tableau 5).

Tableau 4. Caractéristiques techniques du tenon Rebilda Post GT<sup>®</sup> (VOCO)

Taille	bleu	rouge	vert	noir
Nombre des pivots individuels	4	6	9	12
Longueur (sans manchette)	20 mm	20 mm	20 mm	20 mm
Diamètre idéalisé (rond)	0.8 mm	1.0 mm	1.2 mm	1.4 mm

La correspondance entre le diamètre du micro-tenon et le diamètre idéalisé du tenon reste « **particulière** ». Le diamètre idéalisé du tenon est à la mise en place des micro-tenons au sein de la manchette, et non pas, au diamètre cumulé de chaque micro-tenon mis bout à bout. Néanmoins, le volume qu'occupe le système à l'intérieur du canal reste inchangé.

Le Coffret Rebilda Post GT System<sup>®</sup> est composé de : [85]

- 5 tenons par taille (0,8mm – 1,0mm – 1,2mm – 1,4 mm) présentés sous blister (Figure 24)
- 1 flacon Ceramic Bond<sup>®</sup> de 5ml
- 20 pièces d'adhésifs Single Dose FuturaBond U<sup>®</sup>
- 1 seringue de composite flow Rebilda DC<sup>®</sup>
- Accessoires : Microbrushs, matrices en silicone...

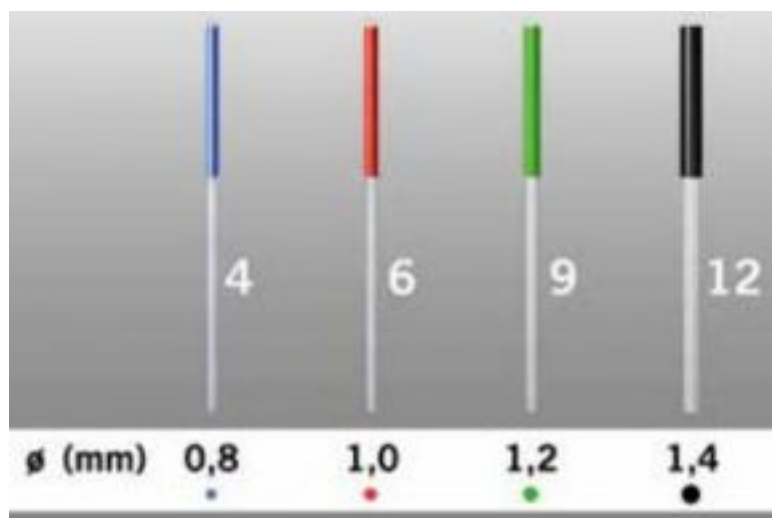


Figure 24. Tenons anatomiques fasciculés Rebilda Post GT<sup>®</sup> (VOCO)

Le Ceramic Bond<sup>®</sup> est un **silane adhésif** (Figure 25). Le silane est un agent de couplage bipolaire : une extrémité présente un groupe méthacrylate (côté composite), l'autre extrémité présente un groupement siloxane (côté intrados). Il va ainsi permettre d'augmenter l'adhésion entre le composites de collage et de reconstitution (Rebilda DC<sup>®</sup>) et le tenon (Rebilda Post GT<sup>®</sup>) [60].



*Figure 25. Silane adhésif Ceramic Bond<sup>®</sup> (VOCO)*

Les particules de silice étant situées au sein des fibres des tenons, et non dans leur portion résineuse, l'adhésion chimique ne peut théoriquement avoir lieu qu'entre l'agent de collage et les fibres de verres exposées prêtes à interagir avec le silane.

Le Futurabond U<sup>®</sup> est un **adhésif auto-mordant** (SAM). Il peut être utilisé avec ou sans étape de mordantage à l'acide orthophosphorique. Un mordantage total est tout de même préférable avant son application [77]. Il possède les mêmes caractéristiques de polymérisation à prise duale que le Rebilda DC<sup>®</sup> (Figure 26) [36] [87].



Figure 26. Adhésif auto-mordant Futurabond U<sup>®</sup> (VOCO)

Le Rebuilda DC<sup>®</sup> est le **composite de restauration**. Mais, il participe également au collage du tenon. « DC » signifie « Dual Curing ». Il s'agit donc d'un matériau à prise duale, photo et chémo-polymérisable, permettant une polymérisation intra-canaire optimale. Il peut se présenter sous la forme d'une cartouche de 50g avec un mélange pâte/pâte (un catalyseur et une base), ou, en seringue QuickMix de 10g (Figure 27).



Figure 27. Composite de restauration Rebuilda DC<sup>®</sup> (VOCO)

Le composite est disponible en trois teintes différentes pour répondre à une grande variété d'indications : [84]

- en teinte « bleue » pour la distinction entre le matériau et les tissus dentaires, particulièrement dans le secteur des molaires et des prémolaires
- en teinte « dentine » pour des exigences esthétiques élevées
- en teinte « blanche » pour la distinction des bords de la préparation, tout en maintenant l'esthétique

Il est recommandé d'appliquer le composite directement dans le canal

radiculaire à l'aide des embouts intra-buccaux fins. Le temps de travail (en mode chémo) est d'environ 3 minutes [75].

### III.1.3 Le Biolight PLUS<sup>®</sup> (BioComposants Médicaux, (BCM))



Figure 28. Coffret du tenon Biolight Plus<sup>®</sup> (BCM)

Dans le coffret (Figure 28), les tenons se présentent sous blister et comprennent 4 diamètres différents de tenons [10]. Les diamètres sont semblables avec ceux des tenons Rebuilda Post GT<sup>®</sup>, seul le code couleur change (Tableau 6) (Figure 29) :

- 0,8 mm pour le Rouge,
- 1,0 mm pour le Bleu,
- 1,2 mm pour le Noir,
- 1,4 mm pour le Jaune.

Le diamètre d'un micro-tenon est de 0,3 mm, pour une longueur de 20 mm.

Tableau 5. Code couleur du tenon Biolight Plus<sup>®</sup> (BCM)

Nombre de tenons	4	6	9	12
Couleur de la gaine	Rouge	Bleu	Noir	Jaune



Figure 29. Tenons anatomiques fasciculés Biolight Plus<sup>®</sup> (BCM)

Le tenon a une **forme cylindrique** à méplat apical.

## III.2 Propriétés physico-chimiques

### III.2.1 Composition

Le tenon anatomique fasciculé est composé d'environ 70 % de fibres de verre, d'environ 10 % de charges, et d'environ 20 % de matrice UDMA.

L'**UDMA** est une résine à base de diméthacrylate d'uréthane qui intervient dans la fabrication de ce tenon.

Les fibres sont associées à la résine UDMA selon un processus de pultrusion. Ce processus de fabrication industrielle est entièrement informatisé. La rétraction de prise intervient au moment de la fabrication en pultrusion du tenon.

Les fibres de verre unitaires sont saturées de résine UDMA puis extrudées dans une filière. Cette filière offre un rapprochement des fibres dans la résine et une optimisation du ratio fibres/résine.

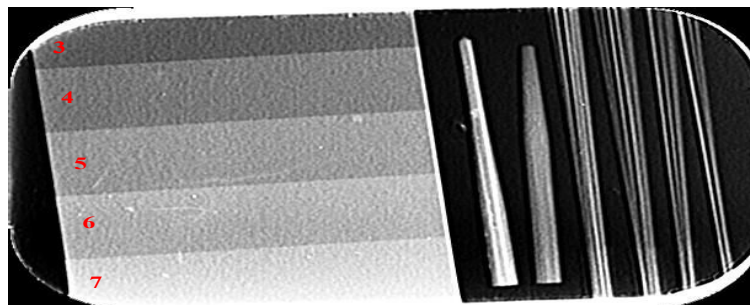
Après polymérisation de la résine (thermo-polymérisation), un processus de relaxation des contraintes de polymérisation est appliqué.

Les caractéristiques d'une matrice UDMA sont : [69]

- poids moléculaire élevé à molécule,
- faible toxicité,
- plus faible viscosité que la matrice Bis-GMA,
- pas de liaison ester et diminution des risques d'hydrolyse de la matrice,
- forte rétraction de prise (maîtrisée par la pultrusion).

### III.2.2 Radio-opacité

La radio-opacité du tenon est intimement liée à sa teneur en charges. Cette radio-opacité va permettre au tenon d'être visible sur une radiographie dentaire (Figure 30). On détermine cette radio-opacité en comparaison à celle d'une couche d'aluminium de 1mm. La radio-opacité du tenon doit donc être supérieure ou égale à la radio-opacité d'1mm d'aluminium (ce qui correspond à la radio-opacité de la dentine) pour être visible à la radiographie.



*Figure 30. Evaluation de la radio-opacité de différents tenons visibles aux rayons X [11]*

Légende : Tenons de gauche à droite : Biolioht Dual ; Biolight ST ; Biolight Plus 12 micro- tenons ; Biolight Plus 9 micro-tenons ; Biolight Plus 6 micro-tenons ; Biolight Plus 4 micro-tenons.

Les teintes 4 et 5 correspondent au radio-opacités respectives des différents tenons fasciculés Biolight Plus<sup>®</sup>. Ils correspondent à 200 % ou 250 % Aluminium, ils sont donc bien visibles à la radiographie. Les tenons Rebuilda Post Gt<sup>®</sup> ont une radio-



opacité élevée de 408 % Aluminium.

### III.2.3 Translucidité

Ces tenons sont **conducteurs de lumière**. Ils vont ainsi permettre une meilleure transmission de la lumière de polymérisation, notamment au sein du logement canalaire [37] [39].

De plus, la quantité de lumière transmise est corrélée au diamètre du tenon. [55]

En ayant recours à des micro-tenons, on augmente ainsi le nombre d'éléments conducteurs de lumière et donc le processus de photo-polymérisation. Notamment dans les zones apicales du tenon, où le composite dual est souvent contraint de jouer son rôle d'auto polymérisation.

L'optimisation du collage d'un tenon va consister à provoquer la réticulation de la résine de collage selon le principe de réflexion de la lumière au travers du tenon (Figure 31).

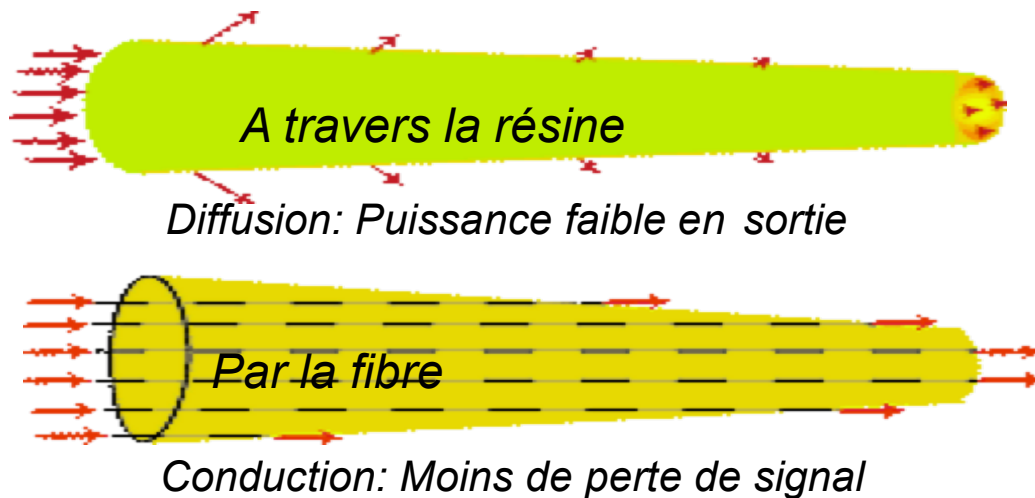


Figure 31. Représentation schématique de la transmission lumineuse au sein de la structure de la reconstitution fibro-architecturée (illustration personnelle)

### III.2.4 Module d'élasticité

Comme leurs prédécesseurs fibrés, ces nouveaux tenons anatomiques présentent un module d'élasticité proche de celui de la dentine (environ 18,5 GPa). Les tenons Rebuilda Post GT ont un module d'élasticité de l'ordre de 31,5 GPa.

## III.2.5 Tests expérimentaux

Les différentes expérimentations, illustrées ci-après, sont réalisées par le laboratoire BioComposants Médicaux (BCM) avec l'aide de leurs tenons Biolight Plus<sup>®</sup> (Tableau 7).

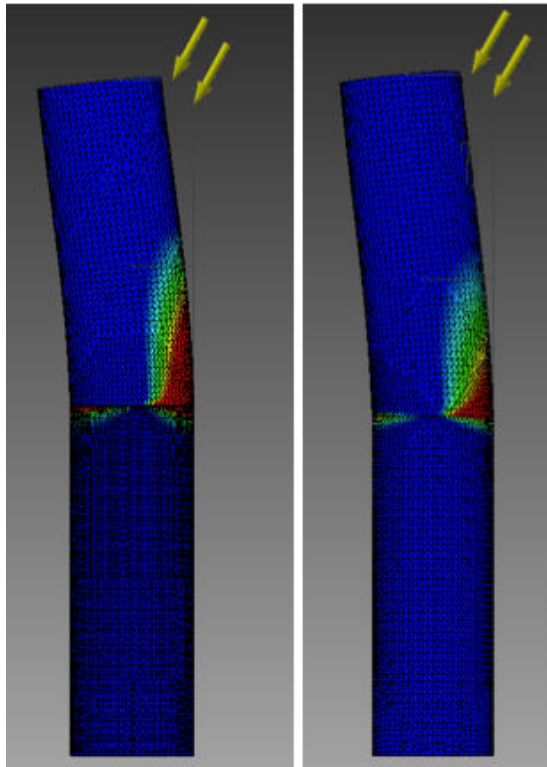
Pour les tests en flexion, fatigue ou de rétention, des cartouches cylindriques sont remplies de résine à l'aide d'une empreinte canalaire pour simuler un canal dentaire, afin d'être au plus proche de la réalité clinique. **Deux types de RCR** sont fabriquées pour chaque expérience. L'une utilise un **maitre-tenon** et l'autre utilise le **tenon anatomique fasciculé**.

### III.2.5.1 Analyse 3D du comportement mécanique

Dans une étude réalisée par le Dr Richert, en 2015, le comportement mécanique du tenon fasciculé a été simulé et comparé à celui du tenon normalisé. L'expérience consiste en un test de résistance en flexion. Une charge avec une direction oblique de 30°, relatif à la norme ISO 14801, est appliquée dans la portion coronaire de la dent (Figure 32). Les résultats sont étudiés et comparés via un logiciel d'analyse 3D par éléments finis (Figure 33).



Figure 32. Matériel utilisé lors de l'expérience du Dr Richert (19)



*Figure 33. Illustrations représentant les « contraintes de Von Mises » durant l'analyse 3D des éléments finis du Dr Richert ; à gauche = reconstitution corono-radicaire avec un tenon normalisé ; à droite = reconstitution corono-radicaire avec un tenon anatomique fasciculé [20]*

Ces illustrations montrent les zones de stress élevé (couleur rouge) et les zones de faible stress (couleur bleue). Nous pouvons voir sur les illustrations que la zone de forte contrainte pour le maitre-tenon (à gauche) est plus grande que celle du tenon anatomique fasciculé (à droite) (Figure 33,34 et 35). De plus, cette zone se situe à la jonction entre la partie coronaire et radicaire. Or, c'est à ce niveau que surviennent majoritairement les fractures.

Par ailleurs, ce résultat suggère que la résine située dans cette zone peut se briser plus facilement avec le système de maitre-tenon qu'avec le système composé de micro-tenons.

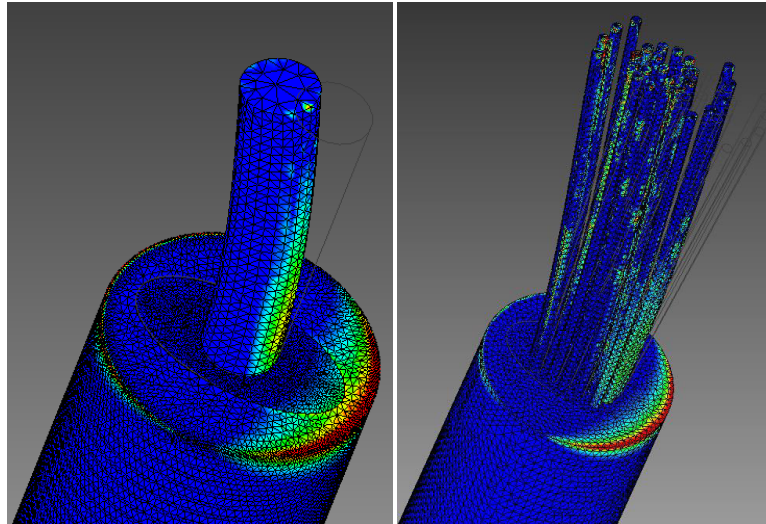


Figure 34. . Illustrations (sous un autre angle de vue) représentant les « Contraintes de Von Mises » durant l'analyse 3D des éléments finis du Dr Richert ; à gauche= RCR avec un tenon normalisé ; à droite= RCR avec un tenon anatomique fasciculé [20]

A droite, le tenon est situé au centre du canal. On peut remarquer qu'il s'agit d'une zone où relativement peu de contraintes s'exercent. Néanmoins, La résine située à la périphérie du tenon va, quant à elle, subir le maximum de contraintes.

A gauche, les micro-tenons occupent l'ensemble du canal, à savoir les zones de contraintes faibles et élevées et renforcent donc davantage la résine. La résine est moins résistante que le(s) tenon(s), il est donc nécessaire de la renforcer.

Par conséquent, il semble important de déployer au maximum les micro-tenons en périphérie du canal.

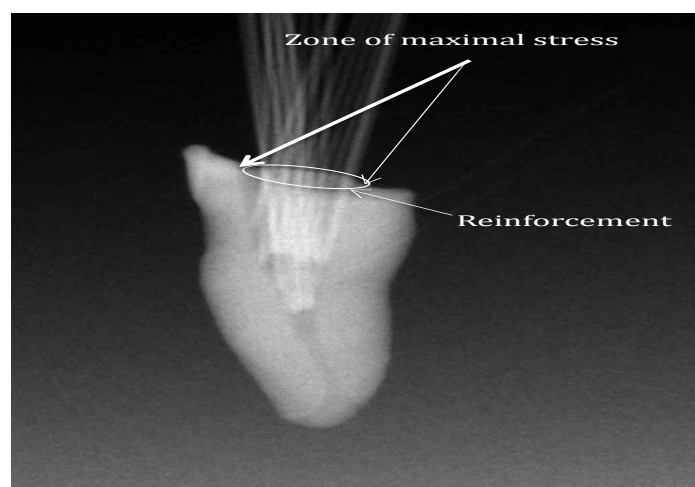


Figure 35. Radiographie montrant le renforcement par le déploiement des micro-tenons le long de la zone de stress [20]

Il semble alors que la position centrale du maitre-tenon joue un rôle incomplet d'un point de vue mécanique.

Les micro-tenons offrent une réponse plus appropriée aux contraintes mécaniques, par rapport aux tenons fibrés dits « classiques ».

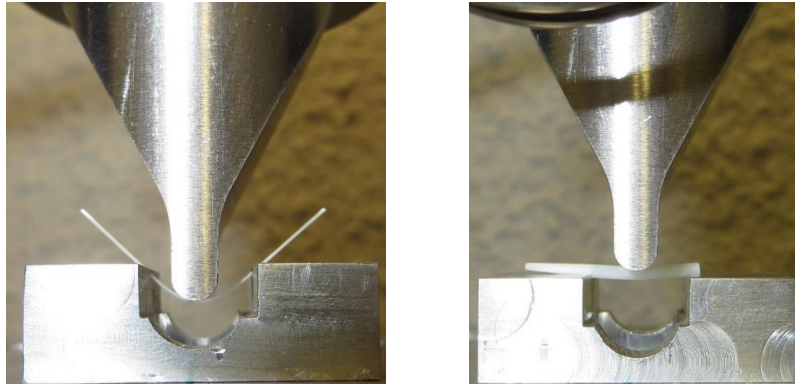
### **III.2.5.2 Test de résistance à la flexion [11]**

Ce test a pour but de comparer la résistance à la flexion à 30° d'une reconstitution corono-radicaire réalisée avec le produit Biolight Plus<sup>®</sup> et d'une reconstitution corono-radicaire réalisée avec un tenon de type Mooser<sup>®</sup> de 1.5 mm de diamètre.

Les échantillons sont soumis à un effort de flexion à 30° à la vitesse de 4mm/mn sur une machine de traction/compression. Une force continue est appliquée au sommet de la reconstitution jusqu'à rupture de celle-ci. La force est appliquée de telle sorte qu'aucune contrainte ne s'exerce sur les côtés (Figure 36).

La Surface de collage sur 1mm de RCR pour un tenon ST est de 4.71mm<sup>2</sup>. Tandis que la surface de collage sur 1mm de RCR pour un Biolight Plus de 7 micro-tenons est de 6.60 mm<sup>2</sup>. La surface de collage de 7 micro-tenons est donc 40% plus grande que la surface de collage d'un maitre-tenon. Les résultats obtenus ont montré que la résistance à la flexion des RCR fibro-architecturées est supérieure à la résistance à la flexion d'une RMIPP classique de 45% environ (145.89MPa contre 99.58MPa). Ces nouveaux tenons montrent donc une résistance accrue à l'effort, au fur et à mesure que les contraintes s'accroissent.

Un autre test de flexion trois points a été réalisé. Il s'applique directement sur des micro-tenons seuls et des tenons Rebilda Post<sup>®</sup> de forme cylindro-conique. Lors de l'essai, une force continue de 4mm/min est appliquée jusqu'à la rupture de l'échantillon. La force est, comme dans le test précédent, appliquée de telle sorte qu'aucune contrainte ne s'applique sur les côtés du tenon.



*Figure 36. Illustration représentant, à gauche un micro tenon Biolight Plus<sup>®</sup> de diamètre 0.3mm. Et, à droite, un tenon Rebilda Post<sup>®</sup> de diamètre 1.5mm, soumis à des forces de traction.[11]*

L'illustration ci dessus permet d'apprécier la flexibilité d'un micro-tenon (Figure 36). La force appliquée sur le tenon Rebilda Post<sup>®</sup> s'effectue sur sa partie cylindrique.

Les résultats obtenus lors de ces essais de flexion donnent une contrainte de flexion de 1000MPa pour le micro-tenon de diamètre 0.3mm, et des contraintes de flexion variant de 870 à 1400MPa pour les différentes tailles de tenons Rebilda Post<sup>®</sup>.

En conclusion, ces micro-tenons présentent une résistance à la flexion comparable aux tenons Rebilda Post<sup>®</sup>.

### **III.2.5.3 Test de résistance à la fatigue [11]**

Cet essai a pour but de comparer la résistance à la fatigue en flexion à 30° d'une RCR réalisée avec le produit Biolight Plus<sup>®</sup> et d'une RCR réalisée avec un tenon Mooser<sup>®</sup>. Des couronnes sont ensuite collées sur les RCR.

Les échantillons sont par la suite soumis à un effort de flexion. Une force est appliquée à 30° par rapport à l'axe du canal. Pour simuler une situation clinique, 180 flexions/min sont ainsi effectuées. Ce qui forme un cycle au total de 3 millions de manœuvres, correspondant à 5 ans de mastication.

Dans l'essai réalisé, la force imposée aux échantillons est similaire aux forces

fonctionnelles atteintes pendant la mastication d'aliments par la région molaire. Elles sont de l'ordre de 0.1 à 5 daN (1 daN=10N) avec des forces maximales exercées de l'ordre de 12 à 15 daN. La résistance à la fatigue en flexion à 30° des tenons Biolight Plus<sup>®</sup> est équivalente à celle des tenons Rebuilda<sup>®</sup>. L'expérience montre que tous les échantillons résistent à plus de 3 millions de cycles sans détérioration pour des efforts allant jusqu'à 12daN.

### III.2.5.4 Test de rétention [11]

Deux types d'échantillons sont fabriqués, l'un avec des tenons Biolight ST<sup>®</sup> de diamètre 1.5mm et l'autre avec des micro-tenons Biolight Plus<sup>®</sup>.

Les longueurs des tenons et des micro-tenons sont adaptées pour être maintenues dans les pinces de la machine d'essai (Figure 37). Les tenons et micro-tenons sont collés dans la cavité selon le protocole de collage de l'art dentaire avec du silane et un adhésif. Puis une force continue de traction est appliquée jusqu'au décollement des tenons et micro-tenons. La force est appliquée de telle sorte qu'aucune contrainte ne s'applique sur les côtés. La force de rupture est enregistrée.



*Figure 37. Illustration du dispositif utilisé lors du test de rétention [11]*

Si la rétention dépend de la surface collée, il faut trouver la juste balance entre

la surface des micro-tenons et celle de la paroi dentinaire, afin d'optimiser le collage en laissant de l'espace à la résine composite.

Deux essais sont réalisés ; le premier en utilisant le maximum de micro-tenons pour remplir la cavité (100% = 18 micro-tenons) et le deuxième en remplissant à 73% la cavité (13 micro-tenons).

Dans le premier cas, il y a moins de surface dentinaire enduite que dans le 2<sup>ème</sup> cas. La surface des interfaces collées dans le cas d'un tenon est de 4.7mm<sup>2</sup> et celle dans le cas d'un Biolight Plus<sup>®</sup> 100% est de 17.0mm<sup>2</sup>. Il y a donc un rapport de surface de 3.6 entre le tenon ST et le Biolight Plus<sup>®</sup>. Le rapport de surface de 2.6 entre le tenon ST et le Biolight Plus<sup>®</sup> 73%. La surface des interfaces collées est plus importante dans le cas des Biolight Plus<sup>®</sup>, ce qui permet une meilleure tenue de collage. La force d'adhésion des micro-tenons Biolight Plus<sup>®</sup> est 50% supérieure à celle des tenons ST<sup>®</sup>. Les tests Biolight Plus 100% et 73% de remplissage ne donnent pas de résultats significativement différents. Ainsi afin d'avoir une adhésion suffisante, la solution est de remplir raisonnablement le canal sans forcer et en permettant un léger glissement des micro-tenons entre eux.

Chaque micro-tenon contribue à la rétention globale d'une façon différente contrairement au tenon dont l'interface tenon/canal après usinage est sensiblement identique.

Dans un autre test de rétention, la résistance à l'adhérence a été évaluée sur le tenon Rebilda Post GT<sup>®</sup>. Une reconstitution de moignon est simulée et la charge de défaillance de la construction complète lors de l'application d'une résistance à la cisaille est mesurée.

Le résultat obtenu montre que la résistance à l'adhérence de Rebilda Post GT<sup>®</sup>, qui se compose de 12 tenons individuels de Ø0,3mm, est comparable ou plus élevée que celle des systèmes se composant d'un seul tenon de même diamètre.



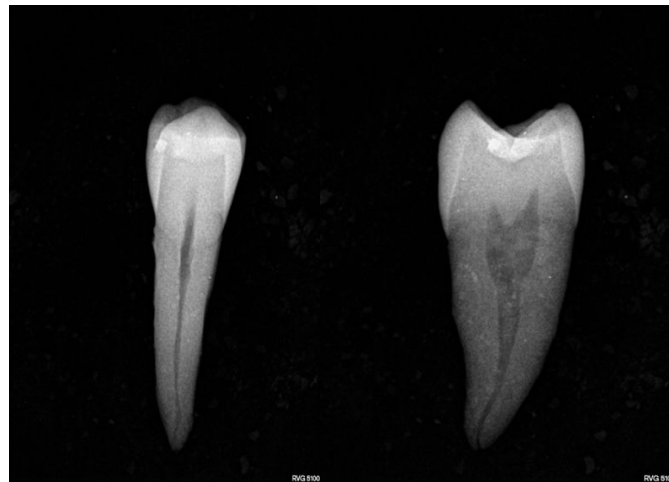
Tableau 6. Récapitulatif des tests expérimentaux (illustration personnelle) [11]

Tests	Matériels & Méthodes	Résultats	Interprétation
Analyse 3D du comportement mécanique	<ul style="list-style-type: none"> <li>- RCR <math>\mu T</math></li> <li>- RCR TS</li> <li>- Force oblique 30° par rapport à l'axe du canal</li> <li>- Logiciel d'analyse 3D par éléments finis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La distribution des contraintes Von Mises montre une zone de stress plus élevée pour la RCR TS par rapport à la RCR <math>\mu T</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La répartition des <math>\mu T</math> en périphérie du canal a une influence sur le comportement mécanique de la restauration</li> </ul> <p style="text-align: center;"><math>\mu T &gt; TS</math></p>
Résistance en Flexion	<ul style="list-style-type: none"> <li>- RCR <math>\mu T</math></li> <li>- RCR TS</li> <li>- Force d'effort oblique 30° par rapport à l'axe du canal à la vitesse de 4mm/min</li> <li>- Force appliquée jusqu'à rupture de l'échantillon</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Surface de collage sur 1mm <math>7\mu T</math> 40 % plus élevée que Surface TS</li> <li>- Résistance en flexion <math>\mu T &gt; TS</math> (45%)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- L'optimisation de l'espace canalaire par les <math>\mu T</math> maximise la résistance</li> </ul> <p style="text-align: center;"><math>\mu T &gt; TS</math></p>
Résistance à la fatigue	<ul style="list-style-type: none"> <li>- RCR <math>\mu T</math></li> <li>- RCR TS</li> <li>+ couronne périphérique</li> <li>- Force d'effort oblique 30° par rapport à l'axe du canal</li> <li>- 180 flexions / min soit 1 cycle de 3 Millions de manoeuvres</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pas de détérioration du système pour des efforts allant jusqu'à 12 daN</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>\mu T \approx TS</math></li> </ul>
Rétention	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tenon TS</li> <li>- <math>\mu T</math></li> <li>1<sup>er</sup> essai : 18 <math>\mu T</math> (100% de remplissage de la cavité)</li> <li>2<sup>ème</sup> essai : 13<math>\mu T</math> (73% de remplissage de la cavité)</li> <li>- Machine d'essai avec pinces</li> <li>- Force de traction appliquée jusqu'à rupture de l'échantillon</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rapport de surface de 3.6 entre le TS et les 18 <math>\mu T</math> (100%)</li> <li>- Rapport de surface de 2.6 entre le tenon TS et les 13 <math>\mu T</math> (73%)</li> <li>- Rétention des <math>\mu T</math> supérieure de 50% par rapport à celle des TS</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- L'optimisation de l'espace canalaire par les <math>\mu T</math> maximise la rétention</li> </ul> <p style="text-align: center;"><math>\mu T &gt; TS</math></p>

Légende :  $\mu T$  = micro-tenon (tenon anatomique fasciculé) ; TS= tenon standardisé (maître-tenon)

### III.3 Pourquoi utiliser les tenons anatomiques fasciculés ?

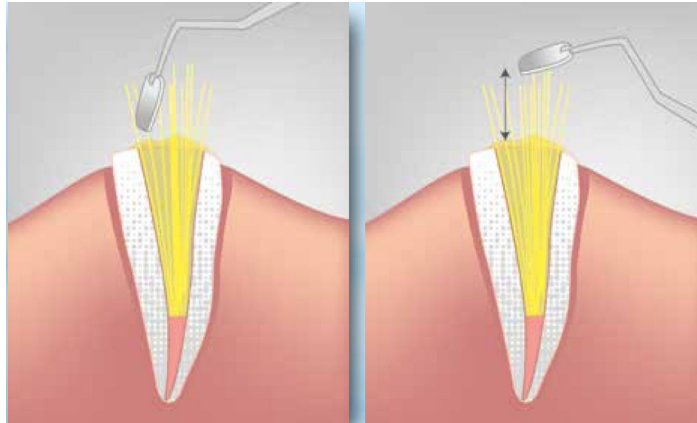
La visualisation des canaux par des radiographies rétro-alvéolaires montre souvent des canaux de forme cylindro-conique (Figure 38). Généralement de faible largeur mésio-distale, ils présentent une morphologie particulière dans le sens vestibulo-palatin ou vestibulo-lingual [19].



*Figure 38. Radiographies rétro-alvéolaires d'une prémolaire maxillaire dans le sens mésio-distal et dans le sens vestibulo-palatin (issues des Travaux Pratiques d'Endodontie à la Faculté de Chirurgie Dentaire de Lille)*

Les tenons anatomiques fasciculés vont permettre de retransmettre cette morphologie canalaire particulière (Canaux ovales et courbes, Canaux très évasés, Canaux très étroits) par le déploiement de plusieurs micro-tenons à l'intérieur du canal. Chaque micro-tenon du faisceau est flexible et capable de glisser l'un par rapport à l'autre. Ils peuvent suivre la courbure naturelle d'un canal.

Ainsi, ce système est capable de se conformer en une seule étape courte à n'importe quelle morphologie canalaire (Figure 39). Ces tenons vont renforcer les zones périphériques soumises aux plus importantes tensions à l'instar des tenons fibrés classiques.



*Figure 39. Illustration représentant le déploiement des micro-tenons fasciculés dans le canal dentaire*

La répartition canalaire des micro-tenons est faite de manière homogène et la moins invasive possible [19].

Cette répartition particulière contribue au renforcement de la structure corono-radicaire par une augmentation de l'interface de collage entre les micro-tenons et le composite de restauration [73].

### **III.4 Précautions d'emploi**

Les tenons anatomiques fasciculés contiennent des méthacrylates et de l'hydroxytoluène butylé (BHT). Dans le cas d'hypersensibilités ou allergies connues à ces composants, il convient de ne pas utiliser le produit.

Les tenons ne doivent pas être utilisés si les tissus dentaires supragingivaux sont inférieurs à 2 à 3 mm dans le sens vertical. Pour les patients qui présentent un bruxisme ou une malocclusion Classe 2 Division 2, leur utilisation est également déconseillée.

L'utilisation de matériaux contenant de l'eugénol sur les tenons est déconseillée car ceux-ci peuvent influencer la réticulation des composites de scellement.

Le fabricant stipule que ces tenons doivent être nettoyés uniquement à l'alcool médical avant insertion dans le canal. Pourtant, cette remarque suscite des interrogations car ils sont présentés sous blister, donc, non souillés.

Il convient d'éviter toute manipulation des tenons avec les doigts (contamination de surface). La manipulation se fera avec des précelles au niveau de la zone délimitée par la manchette colorée. L'insertion canalaire du tenon est alors plus facile et plus efficace.

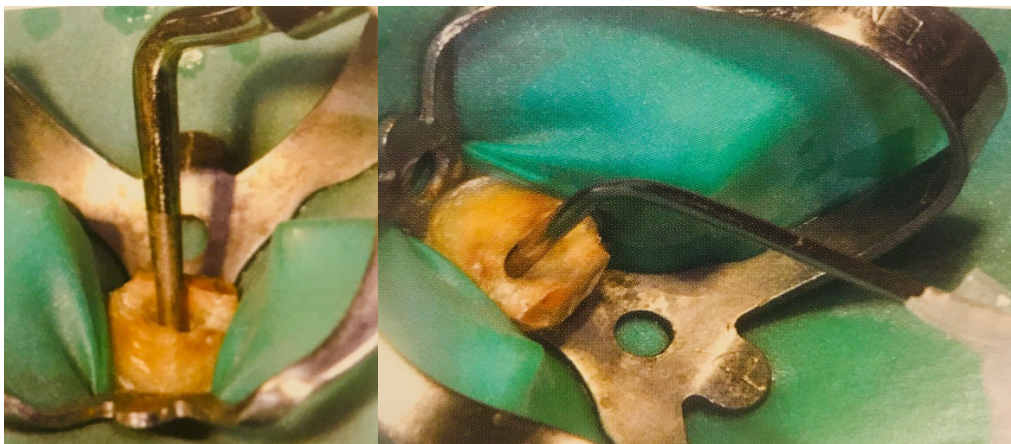
Le port de lunettes de protection, d'un masque respiratoire, de gants, l'utilisation d'une digue dentaire et l'emploi d'une aspiration chirurgicale sont nécessaires lors de la mise en place du tenon dans le canal.

En cas d'irritation, la gêne peut être soulagée à l'eau et au savon doux par action mécanique.

### **III.5 Protocole d'utilisation [10] [85]**

- 1) Préparation du champ opératoire et mise en place de la digue en latex ou polyuréthane en cas d'allergie
- 2) - Désobturer l'obturation canalaire jusqu'à la profondeur prévue avec l'aide des forêts Largo et/ou d'un instrument chaud et/ou d'un micro-sablage

La désobturation doit être complète afin de ne pas entraver le scellement adhésif (Figure 40).



*Figure 40. Désobturation canalaire (à gauche) et sablage intra-canaire (à droite)[19]*

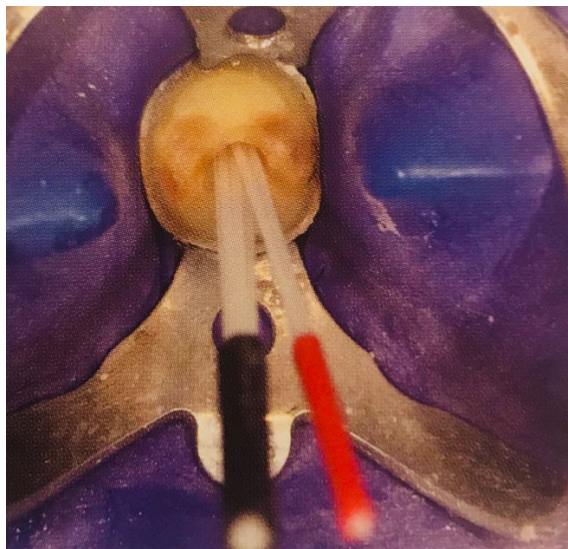
- Rinçage du canal radiculaire et du foret de temps en temps au cours du traitement pour enlever des restes de dentine.

On laissera un bouchon apical de Gutta Percha de 5 mm

3) Nettoyage du canal, parfaitement désobturé, à l'alcool ou à l'hypochlorite de sodium. Sécher le canal avec l'aide de pointes papier absorbantes et de la seringue à air. L'eugénol résiduel peut inhiber la polymérisation de la plupart des composites de collage

4) - Détermination de la longueur de travail nécessaire (un minimum de 5 mm de l'obturation radiculaire du côté apical doit être conservé)

- Choix de la taille et du nombre de fagot en fonction de la morphologie canalaire (Figure 41).



*Figure 41. Essai des fagots de micro-tenons [19]*

5) Nettoyage au préalable de ou des fagots à l'alcool

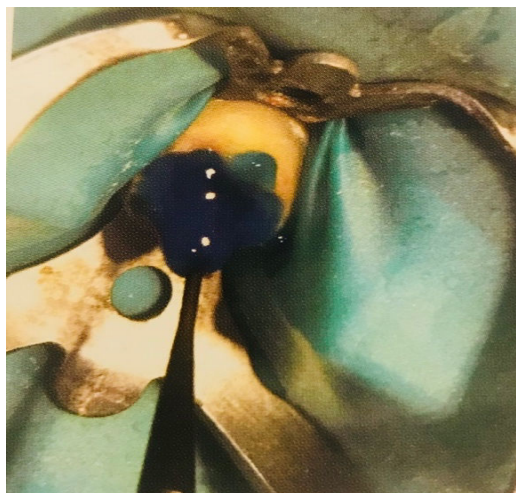
6) Contrôle de la position du tenon en bouche

6) Faire un contrôle radiographique.

7) Préparation du collage :

- Préparation de la dent :

- Rinçage du canal radiculaire à l'alcool (> 75 %)
- Séchage avec des pointes papier absorbantes
- Mordançage de l'intérieur du canal et du niveau coronaire : il faut effectuer un mordançage total à l'aide d'un gel d'acide phosphorique à 37% durant 15 secondes (Figure 42).
- Rinçage à l'eau abondant avec l'aide de la seringue air-eau
- Séchage soigneux en utilisant des pointes de papier stériles.



*Figure 42. Mordançage intra-canal à l'acide orthophosphorique 37% à l'aide d'une microbrush [19]*

- Un adhésif bi-polymérisant (Futurabond U<sup>®</sup> (VOCO)) est utilisé selon le mode d'emploi correspondant (Figure 43).



Figure 43. Mise en place de l'adhésif intra-canaire à l'aide d'une mini brosse [19]

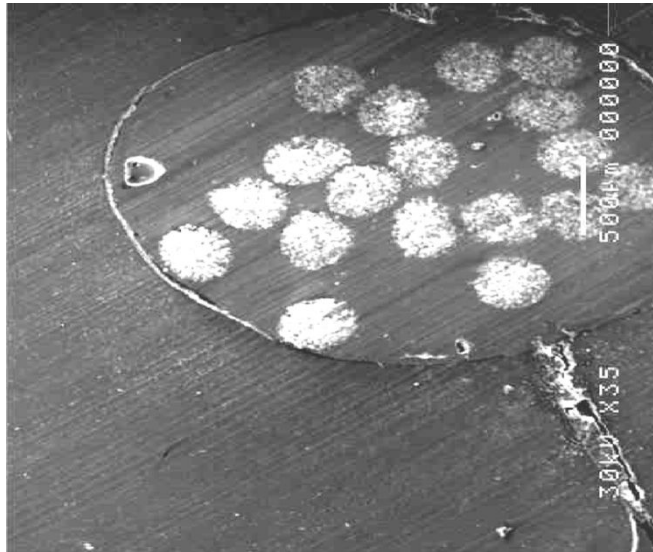
- Préparation des micro-tenons :

- Silaner le ou les fagots avec un silane pour composite (par ex. Ceramic Bond)
  - Laisser agir pendant 60 s, puis ensuite sécher au jet d'air exempt d'huile et réserver à l'abri de la lumière.

Il est déconseillé d'enduire les micro-tenons de bonding dual cure.

Ceci a pour effet de solidariser partiellement les micro-tenons. Ce qui empêche leur réorganisation spatiale, après section et retrait de la manchette de préhension. Pour certaines marques (Clearfil de KURARAY<sup>®</sup> par exemple), le simple contact avec la colle composite accélère la polymérisation et soude les micro tenons entre eux.

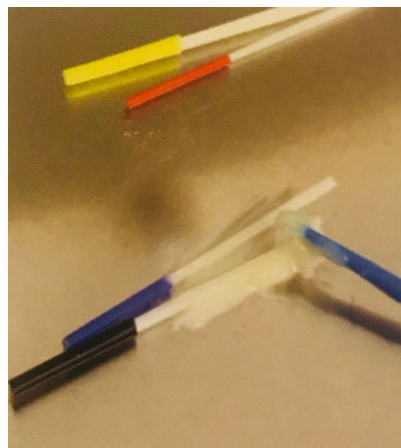
Le processus de pultrusion des micro-tenons Biolight Plus<sup>®</sup> n'utilise aucun agent démoulant (graisses facilitant le passage dans la filière), contrairement à la grande majorité des tenons du commerce. Au terme d'un processus de pultrusion informatisé hautement maîtrisé, on obtient des éléments qui se lient sans nécessiter de bonding avec les colles composites M&R2 et SAM1. Sur une étude du Pr Bolla par Microscopie Electronique à Balayage (MEB), on ne distingue pas de hiatus entre le micro-tenon et la résine (Figure 44).



*Figure 44. Photographie d'une coupe d'une RCR à tenon anatomique fasciculé composé de 18 micro-tenons, sans utilisation d'adhésif lors de la préparation du tenon, visible par Microscopie Electronique à Balayage. (Illustration du Professeur Marc BOLLA, Faculté de Chirurgie Dentaire de Nice)*

#### 8) Collage adhésif avec le composite :

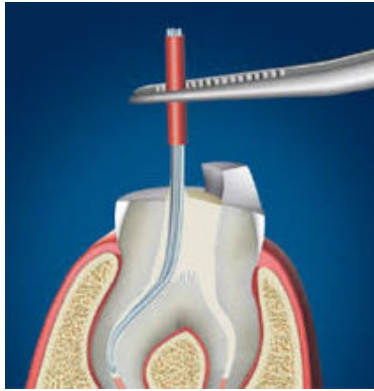
- Déposer la colle dans le canal. Utiliser la cartouche à l'aide des embouts mélangeurs fins et ultrafins
- Imbibber uniformément les fagots de composite sur leur longueur (Figure 45)



*Figure 45. Mise en place du composite sur le fagot de micro-tenons [19]*

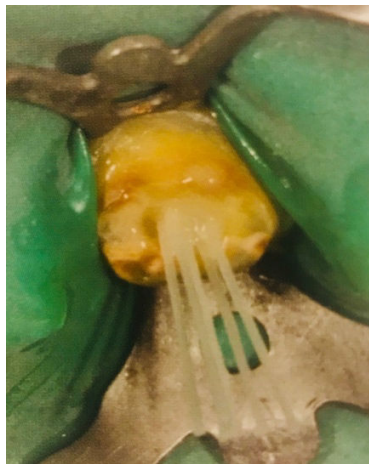
- Insérer les fagots de tenons dans la séquence déterminée lors de l'essayage (Figure 46)





*Figure 46. Insertion du tenon anatomique fasciculé*

- Maintenir en pression



*Figure 47. Répartition des micro-tenons à l'intérieur du canal [19]*

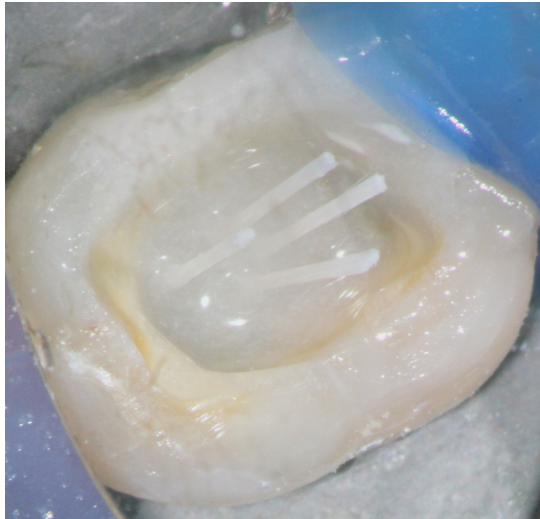
- Raccourcir les micro-tenons

NB : La manchette ne peut être enlevée, on se contente de raccourcir le tenon à la longueur coronaire qui nous est utile.

**Deux méthodes sont possibles :**

a) Raccourcir les pivots avant la polymérisation

- Raccourcir le tenon en-dessous de la manchette en coupant à l'aide de ciseaux chirurgicaux (Figure 48).

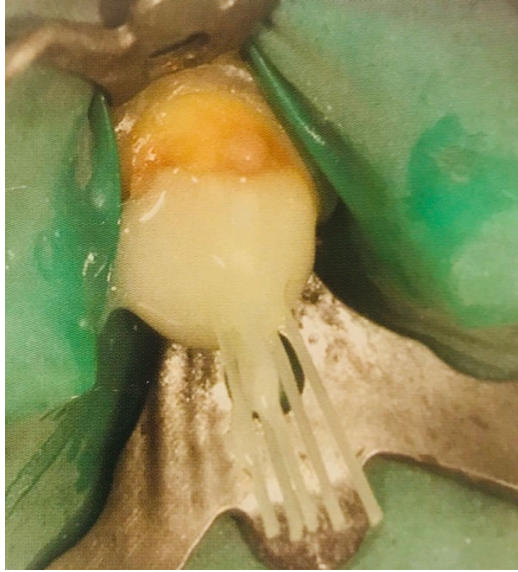


*Figure 48. Raccourcissement des pivots avant la polymérisation (illustration du Dr Marc Linez)*

- Adapter les micro-tenons individuels à l'aide d'un instrument approprié (par ex. Spreader) à la géométrie du canal, en privilégiant un séquençage périphérique. Chaque tenon du fagot est libre dans l'espace canalaire. Il convient de remplir au maximum l'espace, en privilégiant les zones périphériques soumises aux fortes tensions.
- Photopolymériser pendant 40 s pour fixer les micro-tenons et pour photopolymériser l'adhésif bi-polymérisant appliqué du côté occlusal.

b) Raccourcir les pivots après la polymérisation

- Fixation du tenon à l'aide d'une pincette.
- Retirer la manchette à l'aide d'une autre pincette.
- Adapter les micro-tenons individuels à l'aide d'un instrument approprié (par ex. Spreader) à la géométrie du canal comme présenté précédemment.
- Photopolymériser pendant 40 s pour fixer le pivot radiculaire et pour durcir l'adhésif bi-polymérisant appliqué du côté occlusal.
- Raccourcir le tenon avec l'aide d'un ciseau chirurgical.



*Figure 49. Montage du composite de restauration coronaire [19]*

9) Isoler ou laisser durcir la colle (Figure 49)

10) Partie coronaire : Reconstitution coronaire périphérique en fonction du type de couronne prothétique choisi (Figure 50)

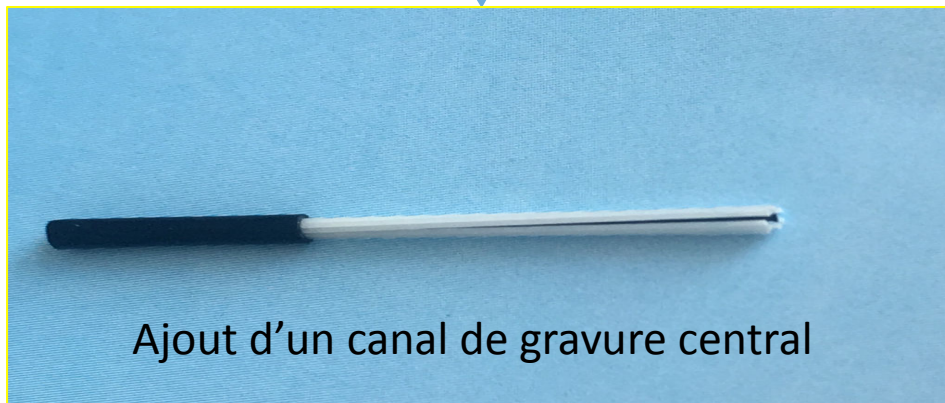


*Figure 50. Reconstitution coronaire périphérique [19]*

## **Remarque complémentaire**

Pour faciliter la dépose de la reconstitution ou permettre un accès plus aisé à la zone apicale de la dent, il est conseillé d'ajouter un canal de gravure au centre du tenon (Figure 51). La zone centrale ne subit que peu de contraintes [20].

Ce canal de gravure est constitué d'un matériau thermoplastique formé de polymères semi-cristallins (Poly-éther-éther-kétone (PEEK) ou Poly-oxy-méthylène (POM) ou Fluor-éthylène-Propylène (FEP)). Il va servir de guide à un forêt (Gates, Peeso-reamer, Largo...) et est gainé par la résine de collage, et/ou des éléments fibrés. L'échauffement créé par le forêt de dépose permet le ramollissement du canal de gravure. Le foret de dépose va donc suivre son trajet jusqu'à la Gutta (Figure 52).

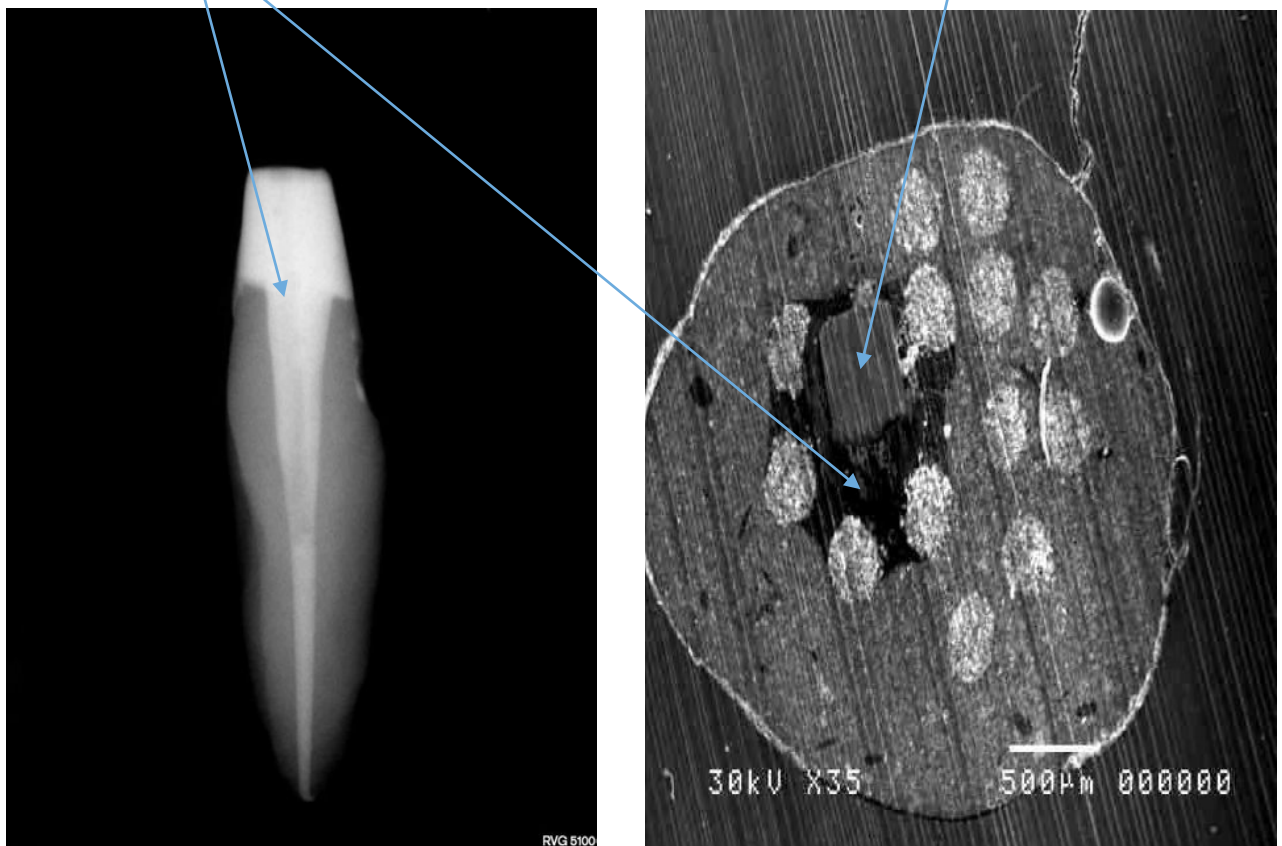


*Figure 51. Ajout d'un canal de gravure central au cœur du tenon anatomique fasciculé (illustration du Dr Clunet-Coste)*

Le démontage est plus facile, mais il faut passer dans la résine plus tendre par meulage, ce qui rend l'opération toujours aussi difficile. L'utilisation d'aides visuelles et de contrôles radiographiques est indispensable.

Canal de gravure central

Forêt de dépose



*Figure 52. Positionnement du canal de gravure et du forêt de dépose sur une dent restaurée par un tenon anatomique fasciculé.*

*à Gauche Radiographie post opératoire du Dr Clunet-Coste*

*à Droite Coupe transversale d'une dent restaurée, Etude par Microscopie électronique à Balayage du Pr Marc Bolla, Université de Nice*

## **III.6 Quel avenir pour ces solutions fibrées ?**

Lors d'une interview donnée au British Dental Journal, Magne confie : « Je crois que nous cesserons d'utiliser les tenons, les couronnes, les alliages métalliques et l'endodontie intentionnelle - c'est déjà le cas pour beaucoup d'entre nous qui croyons en l'approche biomimétique. Mon espoir est que la technologie rendra (...) une réduction du besoin de traitement canalaire et de l'allongement de la couronne » [57].

Il est admis que la présence des tenons radiculaires peut constituer une entrave à la pérennité de la dent sur arcade. Avec tout ce qui a été mis en œuvre jusqu'à aujourd'hui, il paraît donc indispensable de tendre vers une économie tissulaire maximale, tant au niveau des préparations coronaires que canalaires, afin de conserver des épaisseurs capables de résister aux contraintes fonctionnelles [44].

## Conclusion

Bien que dépulpée et traitée endodontiquement, la fragilisation de l'organe dentaire va dépendre majoritairement de sa **perte tissulaire**, favorisant sa perte de résistance. Ce constat induit donc une prise en charge adaptée à la quantité de tissu coronaire résiduelle. Il convient alors de préserver l'intégrité tissulaire, de l'obturation radiculaire jusqu'à la restauration coronaire. Le **continuum endo-restaurateur** doit garantir et permettre de maintenir l'étanchéité apicale obtenue lors du traitement endodontique. De nombreuses alternatives thérapeutiques s'offrent au praticien face à une dent délabrée.

Néanmoins, des techniques actuelles de restauration repoussent de plus en plus le besoin d'ancrage radiculaire. Elles reposent sur le principe d'économie tissulaire et guident le praticien dans le choix de sa thérapeutique.

Parmi ces solutions nécessitant un moyen d'ancrage, les **RMIPP** sont les plus conservatrices. Elles se veulent bien moins traumatisantes pour la racine que leurs homologues coulées. En effet, elles utilisent un tenon fibré qui se caractérise par un module d'élasticité proche de celui de la dentine et un comportement mécanique anisotrope.

En utilisant plusieurs **micro-tenons fibrés**, le concept du **tenon anatomique fasciculé** représente une **évolution** par rapport aux concepts fibrés traditionnels. Ce nouveau moyen d'ancrage se distingue par son architecture, son protocole clinique de mise en œuvre et son comportement biomécanique. Il présente de nombreux avantages. Avec le tenon fasciculé, le canal est simplement désobturé et nettoyé. Les micro-tenons se répartissent dans toute la lumière canalaire en respectant la morphologie du canal. La rétention de l'ensemble est considérablement augmentée. La partie coronaire est renforcée, en continuité avec la partie canalaire.

Cependant, la commercialisation récente de ses nouveaux tenons fibrés ne permet pas d'objectiver, pour le moment, les réels avantages cliniques de cette thérapeutique par rapport aux tenons fibrés traditionnels.

Un **recul clinique** s'avère indispensable.



## BIBLIOGRAPHIE

1. Aboudharam G, Laurent M. 2001. « Évolution et indications des reconstitutions corono-radicaux indirectes ». *Cahiers de Prothèses* n° 116: 61-71.
2. Académie Nationale de Chirurgie Dentaire. « Rapport sur l'utilisation des reconstitutions coronaires préprothétiques à ancrage radicaux ». 2003
3. ANAES. s. d. « Indication et contre-indications des reconstitutions corono-radicaux préprothétiques coulées et insérées en phase plastique » Octobre 2003 Service évaluation technologique .
4. Andreasen JO, Ban F, Munksgaard EC. 2002. « Long-Term Calcium Hydroxide as a Root Canal Dressing May Increase Risk of Root Fracture ». *Dental Traumatology: Official Publication of International Association for Dental Traumatology* 18 (3): 134-37.
5. Arora V, Suri N, Vineeta N, et Pooja A. 2013. « Reinforcement of flared root canals with fiber post & auxillary prepolymerised nanohybrid composite posts: a clinical report ». *International Journal of Innovative Research in Science*, 7210-3.
6. Arunpraditkul S, Saengsanon S, et Pakviwat W. 2009. « Fracture Resistance of Endodontically Treated Teeth: Three Walls versus Four Walls of Remaining Coronal Tooth Structure ». *Journal of Prosthodontics: Official Journal of the American College of Prosthodontists* 18 (1): 49-53.
7. Ausiello P, Ciaramella S, Martorelli M, Antonio Lanzotti A, Zarone F, David C. Watts, et Gloria A. 2017. « Mechanical Behavior of Endodontically Restored Canine Teeth: Effects of Ferrule, Post Material and Shape ». *Dental Materials: Official Publication of the Academy of Dental Materials* 33 (12): 1466-72.
8. BChD, AEGIS Communications, By Manfred Friedman, BDS. s. d. « Restoration of Endodontically-Treated Teeth Using Fiber Posts | ID | dentalaegis.com ». <https://www.aegisdentalnetwork.com/id/2016/11/an-effective-protocol-for-success>.
9. Bataillon-Linez P, Marc Linez M, Deveaux E. « Les RMIPP à tenon fibré: quand, pourquoi, comment ? » *Revue D'Odonto-Stomatologie*. 2010;187-209.
10. Biocomposants Médicaux. 2017a. « Biolight Plus - Notice d'utilisation ».
11. Biocomposants Médicaux 2017b. « Rapport d'essais RES-COM-LB012 ».
12. Bitter K, Polster L, Askar H, von Stein-Launsnitz M, et Sterzenbach G. 2017. « Effect of Final Irrigation Protocol and Etching Mode on Bond Strength of a Multimode Adhesive in the Root Canal ». *The Journal of Adhesive Dentistry*, 245-52.
13. Bolla M. « Restaurer la dent dépulpée tout simplement ». *L'Information Dentaire*. 2014.
14. Boksman L, Leendert, Bertoldi Hepburn A, Kogan E, Friedman M, et de Rijk W.

2011. « Fiber Post Techniques for Anatomical Root Variations ». *Dentistry Today* 30 (5): 104, 106-11.
15. Bouabib M, Elyamani A, Bouabib E, Hachemi LK. « Les limites cervicales en prothèse fixée traditionnelle » - *Cahiers de Prothèse* n°166 du 01/06/2014 . <http://www.editionscdp.fr/revues/les-cahiers-de-prothese/article/n-166/les-limites-cervicales-en-prothese-fixee-traditionnelle.html>.
  16. Braz R, Conceição, AAB, Conceição,E.N., Loretto, S.C., Lyra, A.M.V.C., Silva, .A.K.S. « Evaluation of reinforcement materials used on filling of weakened roots. » *J Dent Res. Spec. Iss. A*) [www.dentalresearch.org](http://www.dentalresearch.org) 1733;84.
  17. Cheleux N. « Reconstitution de la dent dépulpée par tenon fibré: les clés de la réussite ». *Clinic* (Paris).2009;30:379-89.
  18. Clarisse C.H.Ng , Dumbrigue HB, Al-Bayat MI. Griggs JA, et Wakefield CW. 2006. « Influence of Remaining Coronal Tooth Structure Location on the Fracture Resistance of Restored Endodontically Treated Anterior Teeth ». *The Journal of Prosthetic Dentistry* 95 (4): 290-96.
  19. Clunet-Coste B, Bartala M, Maneuf B, Cieren C, et Sarrazin F. « Reconstitutions corono-radicaire fibro-architecturée: Intérêts des micro-tenons fasciculés ». *L'Information Dentaire*, 2017.
  20. Clunet-Coste B, Richert R. « Technical Documentation: Fiber reinforced composite dental post: Biolight Plus » 2017.
  21. Coelho CSdM, Biffi JCG, da Silva GR, Abrahão A, Campos R E, et Soares C J. 2009. « Finite Element Analysis of Weakened Roots Restored with Composite Resin and Posts ». *Dental Materials Journal* 28 (6): 671-78.
  22. D'Incau E, Bartala M, et Dos-Santos A. 2011. « Traitement de la dent dépulpée postérieure. La stratégie de la préservation. » *Réalités cliniques: revue européenne d'odontologie* 22: 43-56.
  23. Dallari A., et L. Rovatti. 1990. « The Dentatus screw ». *Attualita Dentale* 6 (28-29): 6-15, 18
  24. Decup, F., E. Marczak, A. Soenen, et A. Guerrieri. 2011. « L'état "dent dépulpée" Données essentielles ». *Réalités Cliniques*.
  25. Dempster, W. T., W. J. Adams, et R. A. Duddles. 1963. « Arrangement in the Jaws of the Teeth ». *J. American Dental Association* (1939)67: 779-97
  26. Dietschi D, Duc O, Krejci I, et Sadan A. 2007. « Biomechanical Considerations for the Restoration of Endodontically Treated Teeth: A Systematic Review of the Literature-- Part 1. Composition and Micro- and Macrostructure Alterations ». *Quintessence International* (Berlin, Germany: 1985) 38 (9): 733-43.
  27. Dietschi D. 2008. « Biomechanical Considerations for the Restoration of Endodontically Treated Teeth: A Systematic Review of the Literature, Part II

- (Evaluation of Fatigue Behavior, Interfaces, and in Vivo Studies) ». *Quintessence International* (Berlin, Germany: 1985) 39 (2): 117-29.
28. Douglas A. Terry, EJ. Swift. 2014. « Les reconstitutions corono-radicaire : d'hier à aujourd'hui ». *Dental Tribune Fr.* 13 mars 2014. <https://fr.dental-tribune.com/clinical/les-reconstitutions-corono-radicaire-dhier-a-aujourd'hui/>.
  29. Dos Santos Alves LF, Adriana Vieira Martins, de Castro Albuquerque R, Silveira RR, Renato N, Alves Silva F, et Moreira AN. 2016. « Mini Fiberglass Post for Composite Resin Restorations: A Clinical Report ». *The Journal of Prosthetic Dentistry* 115 (6): 654-57.
  30. Duret F., et Reynaud M. 1990. « Un nouveau concept de reconstitution corono-radicaire: Le Composipost (1) ». *Le Chirurgien-dentiste de France*, n° 540 (novembre).
  31. El-Ela O A A, Atta OA, et El-Mowafy O. 2008. « Fracture resistance of anterior teeth restored with a novel nonmetallic post. » *Journal of the Canadian Dental Association* 74 (5).
  32. Filho S, Freitas PC, Soares PV, Reis BR, Crisnicaw Verissimo, et Carlos José Soares. 2013. « Effects of Threaded Post Placement on Strain and Stress Distribution of Endodontically Treated Teeth ». *Brazilian Oral Research* 27 (4): 305-10
  33. « Flexi-Post – C'Dentaire France ». s. d. <http://cdentaire.eu/empreintes-et-protheses/tenons-radicaire/flexi-post/>.
  34. Fráter M, Forster A, Jantyk Á, Braunitzer G, Nagy K, Grandini S. « In vitro fracture resistance of premolar teeth restored with fibre-reinforced composite posts using a single or a multi-post technique ». *Aust Endod J.* 1 avr 2017 ;43(1):16-22.
  35. Fuss, Z., J. Lustig, A. Katz, et A. Tamse. 2001. « An Evaluation of Endodontically Treated Vertical Root Fractured Teeth: Impact of Operative Procedures ». *Journal of Endodontics* 27 (1): 46-48.
  36. « Futurabond U – The Dental Advisor ». s. d.. <https://www.dentaladvisor.com/evaluations/futurabond-u/>
  37. Galhano, Gá, R. M. de Melo, S. H. Barbosa, S. C. Zamboni, M. A. Bottino, et R. Scotti. 2008. « Evaluation of Light Transmission Through Translucent and Opaque Posts ». *Operative Dentistry* 33 (3): 321-24.
  38. Gillen, Brian M., Stephen W. Looney, Li-Sha Gu, Bethany A. Loushine, Roger N. Weller, Robert J. Loushine, David H. Pashley, et Franklin R. Tay. 2011. « Impact of the Quality of Coronal Restoration versus the Quality of Root Canal Fillings on Success of Root Canal Treatment: A Systematic Review and Meta-analysis ». *Journal of Endodontics* 37 (7): 895-902.
  39. Goracci, C., G. Corciolani, A. Vichi, et M. Ferrari. 2008. « Light-transmitting ability of marketed fiber posts ». *Journal of dental research* 87 (12): 1122–1126.

40. Hatta M, Shinya A, Vallittu PK, Lassila LV. « High volume individual fibre post vs low volume fibre post: the fracture load of the restored tooth ». *J Dent.* 2011 Jan;39(1):65-71.
41. Hunter, A. J., et A. M. Flood. 1989. « The Restoration of Endodontically Treated Teeth. Part 2. Posts ». *Australian Dental Journal* 34 (1): 5-12.
42. Khoroushi M, Tavakol F, Shirban F, et Ziaei S. 2017. « Influence of Intracanal Irrigants on Coronal Fracture Resistance of Endodontically Treated and Bleached Teeth: An In Vitro Study ». *Contemporary Clinical Dentistry* 8 (4): 552-57.
43. Kirkevang, L. L., D. Ørstavik, P. Hörsted-Bindslev, et A. Wenzel. 2000. « Periapical Status and Quality of Root Fillings and Coronal Restorations in a Danish Population ». *International Endodontic Journal* 33 (6): 509-15.
44. Koubi SA, G. Weissrock, H. Tassery, JL. Brouillet. 2008. « Reconstitutions coronoradiculaires collées fibrées, qu'en est-il ? » *L'information Dentaire* n°25, 2008.
45. Koubi SA, Margossian P, Weisrok G, Lasserre JF, Faucher A, Brouillet JL, G. Koubi G, et Tassery H. 2009. « Restaurations adhésives en céramique: une nouvelle référence dans la réhabilitation du sourire ». *L'Information Dentaire*, 2009
46. Kurtzman GM. 2015. «Restauration de dents traitées endodontiquement : un abord sous l'angle technique ». *Dental Tribune Study Club- Le Magazine* n°1. 2015.
47. Lam, Patsandra P. S., Joseph E. A. Palamara, et Harold H. Messer. 2005. « Fracture Strength of Tooth Roots Following Canal Preparation by Hand and Rotary Instrumentation ». *Journal of Endodontics* 31 (7): 529-32.
48. Lamichhane A, Chun Xu, et Zhang Fq. 2014. « Dental fiber-post resin base material: a review ». *The Journal of Advanced Prosthodontics* 6 (1): 60-65.
49. Laplanche, O, Leforestier E, Medioni E, et Bolla M. 2008. « Les reconstitutions coronoradiculaires: principes généraux et critères de décision ». *Stratégie prothétique* 8: 255-268.
50. Lasfargues JP, Kaleka R, Louis JJ. Le concept SI-STA un nouveau guide thérapeutique en cariologie. *Réal Clin.* 2000;(11(1)):103-22.
51. Lautrou A. « Abrégé d'anatomie dentaire (2è édition) ». *Masson.*1980. Paris
52. Lewgoy HR, Youssef MN, Matson MR, Bocangel JAJS, Anauate Netto C, Amore R. « Finite elements study of the Flexi Post and Flexi Flange post systems in a maxillary central incisor ». *Pesqui Odontológica Bras.* juin 2003 ;17(2):132-6.
53. Lewinstein, I., et R. Grajower. 1981. « Root Dentin Hardness of Endodontically Treated Teeth ». *Journal of Endodontics* 7 (9): 421-22.
54. Li, Q., B. Xu, Y. Wang, et Y. Cai. 2011. « Effects of Auxiliary Fiber Posts on Endodontically Treated Teeth with Flared Canals ». *Operative Dentistry* 36 (4): 380-89..

55. Lui, J. L. 1994. « Depth of Composite Polymerization within Simulated Root Canals Using Light-Transmitting Posts ». *Operative Dentistry* 19 (5): 165-68.
56. Machado J, Almeida P, Sampaio F, Marques A, et Vaz M. 2017. « Currently used systems of dental posts for endodontic treatment ». *Procedia Structural Integrity, 2nd International Conference on Structural Integrity, ICSI 2017, 4-7 September 2017, Funchal, Madeira, Portugal*, 5: 27-33.
57. Magne P. « Pascal Magne: "It Should Not Be about Aesthetics but Tooth-Conserving Dentistry". Interview by Ruth Doherty ». 2012. *British Dental Journal* 213 (4): 189-91.
58. Magne P. « No post, no crown: Biomimetic restorative dentistry (science, common sense, experience) ». *Quintessence International*. 2014.
59. Mangold J T, et Kern M. 2011. « Influence of Glass-Fiber Posts on the Fracture Resistance and Failure Pattern of Endodontically Treated Premolars with Varying Substance Loss: An in Vitro Study ». *The Journal of Prosthetic Dentistry* 105 (6): 387-93.
60. Matinlinna JP, Ying C, Lung K, et J K Hon Tsoi. 2018. « Silane Adhesion Mechanism in Dental Applications and Surface Treatments: A Review ». *Dental Materials* 34 (1): 13-28.
61. Miguez P.A., Pereira P.N.R., Atsawasawan P., Yamauchi M. « Collagen Cross-linking and Ultimate Tensile Strength in Dentin ». *J Dent Res*.2004; 83(10):807-10.
62. Panitvisai, P., et H. H. Messer. 1995. « Cuspal Deflection in Molars in Relation to Endodontic and Restorative Procedures ». *Journal of Endodontics* 21 (2): 57-61.
63. Pereira, J R, Fabio de Ornelas R, Rodrigues Conti PC, et do Valle A L. 2006. « Effect of a Crown Ferrule on the Fracture Resistance of Endodontically Treated Teeth Restored with Prefabricated Posts ». *The Journal of Prosthetic Dentistry* 95 (1): 50-54.
64. Pettini, P., S. Salamanna, V. Crincoli, V. Milano, G. Simeone, et G. Chiarello. 1991. « Dentinal lesions caused by the use of endodontic posts ». *Minerva Stomatologica* 40 (3): 107-15.
65. Porciani, P F, Coniglio I, Magni E, et Grandini S. 2008. « Fiber post fitting to canal anatomy: a review of the morphology and shape of root canal system ». *Dent SA* 10: 52-58.
66. Porciani, P F, Vano M, Radovic I, Goracci C, Grandini S, F. Garcia-Godoy, et Ferrari M. 2008. « Fracture resistance of fiber posts: Combinations of several small posts vs. standardized single post ». *American Journal of Dentistry* Vol. 21.
67. «Quelle est la juste place des restaurations coronoradiculaires directes collées en odontologie ?» Espace ID Presse Multimedia. *L'Information Dentaire, publiée le 24 Mars 2016*; [http://\\_65430983298\\_1\\_1364259600.id.elteg.net/011025-23319-Quelle-est-la-juste-place-des-restaurations-coronoradiculaires-directes-collees-en-](http://_65430983298_1_1364259600.id.elteg.net/011025-23319-Quelle-est-la-juste-place-des-restaurations-coronoradiculaires-directes-collees-en-)

68. Randow, K., et P. O. Glantz. 1986. « On Cantilever Loading of Vital and Non-Vital Teeth. An Experimental Clinical Study ». *Acta Odontologica Scandinavica* 44 (5): 271-77.
69. Raskin A. Société Francophone des Biomatériaux Dentaires (SFBD). « Les résines composites ». *Société Francophone des Biomatériaux Dentaires (SFBD)*. <http://campus.cerimes.fr/odontologie/enseignement/chap10/site/html/1.html#1>.
70. Reeh, E. S., H. H. Messer, et W. H. Douglas. 1989. « Reduction in Tooth Stiffness as a Result of Endodontic and Restorative Procedures ». *Journal of Endodontics* 15 (11): 512-16.
71. Reeh, E.S., W.H. Douglas, et H.H. Messer. 1989. « Stiffness of Endodontically-Treated Teeth Related to Restoration Technique ». *Journal of Dental Research* 68 (11): 1540-44.
72. Ricketts, D. N. J., C. M. E. Tait, et A. J. Higgins. 2005. « Post and Core Systems, Refinements to Tooth Preparation and Cementation ». *British Dental Journal* 198 (9): 533
73. Rocha AT, Gonçalves LM, Vasconcelos AJ de C, Matos Maia Filho E, Nunes Carvalho C, De Jesus Tavares RR. « Effect of Anatomical Customization of the Fiber Post on the Bond Strength of a Self-Adhesive Resin Cement ». *Int J Dent*
74. Rosa, R, Barreto M S, Rosa T, Reis KR, et Kaizer OB. 2013. « Fracture Resistance of Weakened Teeth Restored Using Accessory Glass Fiber Posts ». *General Dentistry* 61 (2): 45-49.
75. Schmage, P, Nergiz I, Sito F, Platzer U, et Rosentritt M. 2009. « Wear and Hardness of Different Core Build-up Materials ». *Journal of Biomedical Materials Research. Part B, Applied Biomaterials* 91 (1): 71-79.
76. Sedgley, C. M., et H. H. Messer. 1992. « Are Endodontically Treated Teeth More Brittle? » *Journal of Endodontics* 18 (7): 332-35.
77. Séguéla V, et D'Incau E. 2015. « Les restaurations corono-radiculaires. Du continuum biomécanique au continuum optique ». *L'Information Dentaire* n°29 .Vol. 97.
78. Sorensen, J. A., et M. J. Engelman. 1990. « Ferrule Design and Fracture Resistance of Endodontically Treated Teeth ». *The Journal of Prosthetic Dentistry* 63 (5): 529-36.
79. Standlee, J. P., A. A. Caputo, et J. P. Holcomb. 1982. « The Dentatus Screw: Comparative Stress Analysis with Other Endodontic Dowel Designs ». *Journal of Oral Rehabilitation* 9 (1): 23-33.
80. Tronstad, L., K. Asbjørnsen, L. Døving, I. Pedersen, et H. M. Eriksen. 2000. « Influence of Coronal Restorations on the Periapical Health of Endodontically

- Treated Teeth ». *Endodontics & Dental Traumatology* 16 (5): 218-21.
81. Trope, M., et H. L. Ray. 1992. « Resistance to Fracture of Endodontically Treated Roots ». *Oral Surgery, Oral Medicine, and Oral Pathology* 73(1):99-102
  82. Vallittu P, et Özcan M. « Clinical Guide to Principles of Fiber-Reinforced Composites in Dentistry » *Woodhead Publishing*. 2017
  83. Vertucci, Frank J. 2005. « Root canal morphology and its relationship to endodontic procedures ». *Endodontic topics* 10 (1): 3–29.
  84. Voco GmbH. s. d. « Rebilda DC -Notice d'utilisation ».
  85. Voco GmbH s. d. « Rebilda Post GT - Mode d'emploi ». <http://www.voco.fr/fr/product/Rebilda-Post-GT/GI-Rebilda-Post-GT.pdf>.
  86. Vreven J, Raskin A, Sabbagh J, Vermeersch G, Leloup G. « Résines composites ». *Encycl Méd Chir (Elsevier SAS, Paris), Odontologie*, 23-065-E-10 :1-21, 2005. » s. d.
  87. Wagner A, Michael Wendler M, Petschelt A, Belli R, et Lohbauer U. 2014. « Bonding Performance of Universal Adhesives in Different Etching Modes ». *Journal of Dentistry* 42 (7): 800-807.
  88. Walter B, et Darteville P. « Préparations coronaires périphériques et préparations corono-radiculaires ». Initiatives Sante. 2015
  89. Xu W, Xu K, et Ruan Dp. « DT Light-Post system for prosthodontic treatment of residual root and crown teeth ». *Shanghai Kou Qiang Yi Xue = Shanghai Journal of Stomatology* 2007.16 (6): 603-6.
  90. Yamamoto ETC, Pagani C, da Silva EG, Noritomi PY, Uehara AY, et Kemmoku DT. 2012. « Finite Element Analysis and Fracture Resistance Testing of a New Intraradicular Post ». *Journal of Applied Oral Science: Revista FOB* 20 (4): 427-34.

# TABLE DES ILLUSTRATIONS

## Figures

Figure 1. Illustration d'une dent à tenon en 1728 par le Docteur Pierre Fauchard [28]	14
Figure 2. Perte de résistance des dents traitées endodontiquement en fonction de la perte tissulaire ( illustration personnelle selon l'étude de Reeh et coll. [71] ) ....	18
Figure 3. Choix thérapeutiques de la dent dépulpée en fonction de sa perte de substance (illustration personnelle).....	21
Figure 4. Stratégies thérapeutiques de la dent dépulpée proposée par le Dr Diestchi selon le concept Si/Sta [26] .....	22
Figure 5. Illustration des différentes formes de la section du canal radiculaire d'après Lautrou [51].....	26
Figure 6. Illustration des différents types d'anatomie canalaire selon la classification de Vertucci .....	27
Figure 7. Organigramme décisionnel du choix du type de RCR [13].....	30
Figure 8. Comportement biomécanique d'une dent restaurée, avec ancrage, sous l'incidence d'une force, avec ou sans ferrule [46].....	31
Figure 9. Répartition des contraintes fonctionnelles entre une dent naturelle, une dent restaurée par une RMIPP à tenon fibré et une dent restaurée par un inlay-core métallique [44].....	32
Figure 10. Zone de répartitions des contraintes fonctionnelles sur une dent restaurée par un ancrage radiculaire (tenon fibré à gauche; tenon métallique à droite)[67]	32
Figure 11. Illustration du Dentatus ScrewPost® - Clé en croix d'insertion-Image d'une radiographie post opératoire d'une prémolaire mandibulaire restaurée avec un Screw Post [72].....	35
Figure 12. Illustration d'une fracture radiculaire sur une dent restaurée avec un tenon à taraudage radiculaire et des conséquences biomécaniques du Screw post (72)	35
Figure 13. Illustration représentant le Flexi Post® et son mécanisme d'action au cours de son insertion [33].....	36
Figure 14. Tenon fibré cylindro-conique Apol® .....	37
Figure 15. Illustration représentant une coupe transversale d'une dent restaurée par un composite à tenon fibré [73].....	38
Figure 16. Tenons fibrés à double conicité DT Light Post® .....	38
Figure 17. Mise en place du tenon anatomique Everstick Post®.....	40



Figure 18. Illustration des différents modes de restauration utilisés dans l'étude de Q. Li et coll. (Image clinique en haut et image radiographique par rayons X en bas)(53) .....	41
Figure 19. Représentation schématique d'une résine composite [69] .....	44
Figure 20. Module d'élasticité de la dent naturelle, du composite et en fonction de la nature du tenon [77].....	46
Figure 21. Description du Tenon anatomique fasciculé (BCM) .....	49
Figure 22. Disposition du tenon anatomique fasciculé dans le canal d'une dent dépulpée.....	50
Figure 23. Coffret Rebuilda Post GTSsystem <sup>®</sup> (VOCO).....	50
Figure 24. Tenons anatomiques fasciculés Rebuilda Post GT <sup>®</sup> (VOCO) .....	51
Figure 25. Silane adhésif Ceramic Bond <sup>®</sup> (VOCO) .....	52
Figure 26. Adhésif auto-mordant Futurabond U <sup>®</sup> (VOCO).....	53
Figure 27. Composite de restauration Rebuilda DC <sup>®</sup> (VOCO) .....	53
Figure 28. Coffret du tenon Biolight Plus <sup>®</sup> (BCM).....	54
Figure 29. Tenons anatomiques fasciculés Biolight Plus <sup>®</sup> (BCM).....	55
Figure 30. Evaluation de la radio-opacité de différents tenons visibles aux rayons X [11].....	56
Figure 31. Représentation schématique de la transmission lumineuse au sein de la structure de la reconstitution fibro-architecturée (illustration personnelle) .....	57
Figure 32. Matériel utilisé lors de l'expérience du Dr Richert (19).....	58
Figure 33. Illustrations représentant les « contraintes de Von Mises » durant l'analyse 3D des éléments finis du Dr Richert ; à gauche = reconstitution coronoradiculaire avec un tenon normalisé ; à droite = reconstitution coronoradiculaire avec un tenon anatomique fasciculé [20].....	59
Figure 34. . Illustrations (sous un autre angle de vue) représentant les « Contraintes de Von Mises » durant l'analyse 3D des éléments finis du Dr Richert ; à gauche= RCR avec un tenon normalisé ; à droite= RCR avec un tenon anatomique fasciculé [20] .....	60
Figure 35. Radiographie montrant le renforcement par le déploiement des micro-tenons le long de la zone de stress [20] .....	60
Figure 36. Illustration représentant, à gauche un micro tenon Biolight Plus <sup>®</sup> de diamètre 0.3mm. Et, à droite, un tenon Rebuilda Post <sup>®</sup> de diamètre 1.5mm, soumis à des forces de traction.[11] .....	62
Figure 37. Illustration du dispositif utilisé lors du test de rétention [11].....	63
Figure 38. Radiographies rétro-alvéolaires d'une prémolaire maxillaire dans le sens mésio-distal et dans le sens vestibulo-palatin (issues des Travaux Pratiques d'Endodontie à la Faculté de Chirurgie Dentaire de Lille) .....	66
Figure 39. Illustration représentant le déploiement des micro-tenons fasciculés dans le canal dentaire .....	67
Figure 40. Désobturation canalaire (à gauche) et sablage intra-canalaire (à droite)[19].....	68
Figure 41. Essayage des fagots de micro-tenons [19].....	69
Figure 42. Mordançage intra-canalaire à l'acide orthophosphorique 37% à l'aide d'une microbrush [19].....	70

Figure 43. Mise en place de l'adhésif intra-canalair à l'aide d'une mini brosse [19]	71
Figure 44. Photographie d'une coupe d'une RCR à tenon anatomique fasciculé composé de 18 micro-tenons, sans utilisation d'adhésif lors de la préparation du tenon, visible par Microscopie Electronique à Balayage. (Illustration du Professeur Marc BOLLA, Faculté de Chirurgie Dentaire de Nice)	72
Figure 45. Mise en place du composite sur le fagot de micro-tenons [19]	72
Figure 46. Insertion du tenon anatomique fasciculé	73
Figure 47. Répartition des micro-tenons à l'intérieur du canal [19]	73
Figure 48. Raccourcissement des pivots avant la polymérisation (illustration du Dr Marc Linez)	74
Figure 49. Montage du composite de restauration coronaire [19]	75
Figure 50. Reconstitution coronaire périphérique [19]	75
Figure 51. Ajout d'un canal de gravure central au cœur du tenon anatomique fasciculé (illustration du Dr Clunet-Coste)	77
Figure 52. Positionnement du canal de gravure et du forêt de dépôt sur une dent restaurée par un tenon anatomique fasciculé.	78

## Tableaux

Tableau 1. Indication du type de reconstitution corono radicaire en fonction des parois résiduelles de la dent (illustration inspirée de l'article d'Aboudharam et Laurent [1])	21
Tableau 2. Caractéristiques anatomiques du canal dentaire et incidences sur la préparation (Illustration personnelle)	28
Tableau 3. Evolution de la nature du matériau utilisé [44]	33
Tableau 4. Caractéristiques techniques du tenon Rebuilda Post GT <sup>®</sup> (VOCO)	51
Tableau 5. Code couleur du tenon Biolight Plus <sup>®</sup> (BCM)	54
Tableau 6. Récapitulatif des tests expérimentaux (illustration personnelle) [11]	65

**Th.D. : Chir. Dent. : Lille 2 : Année 2018 – N° :**

Les tenons anatomiques fasciculés : un nouveau moyen d'ancrage radiculaire/  
DE LA OSA Amaury. – p.(88) : ill. (52) ; réf. (90)

**Domaines** : Dentisterie Restauratrice, Endodontie

**Mots clés Rameau** : Restauration dentaire, Dent dépulpée, Tenons dentaires

**Mots clés FMeSH** : Reconstitution corono-radicaire, Matériaux dentaires, Collage dentaire, Faux-moignon, Tenons radiculaires

**Mots clés libres** : Micro-tenons fasciculés, Reconstitution corono-radicaire fibro-architecturée, Tenons Anatomiques

### Résumé de la thèse

La perte tissulaire de l'organe dentaire entraîne des modifications biomécaniques, principalement responsables de sa fragilisation. Le recours à une reconstitution par matériau inséré en phase plastique (RMIPP) apparaît aujourd'hui comme, un outil majeur, face à un délabrement coronaire nécessitant un moyen d'ancrage. L'évolution des concepts de tenons radiculaires permet d'aboutir à des solutions thérapeutiques toujours moins invasives. Dans ce contexte, un nouveau concept fait appel à un tenon fibré anatomique fasciculé. Ce système consiste en une répartition homogène de plusieurs micro-tenons cylindriques, libérés lors de la préparation et associés à une résine composite de collage. Il permet d'optimiser au maximum l'espace canalaire et de contribuer au renforcement global de la reconstitution corono-radicaire ; grâce à une recherche d'économie tissulaire maximale ne nécessitant plus de forêt de calibration.

### **JURY :**

**Président: Monsieur le Professeur Etienne DEVEAUX**

**Asseseurs: Monsieur le Docteur Marc LINEZ**

**Monsieur le Docteur Thibault BECAVIN**

**Madame le Docteur Laurence LESIEUR**